

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-266828

(43)Date of publication of application : 22.09.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/62
 G06F 15/62
 G01C 3/06
 G06F 15/70
 G08G 1/16
 // B60R 21/00

(21)Application number : 05-052591

(71)Applicant : FUJI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 12.03.1993

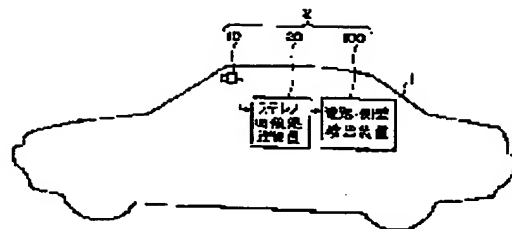
(72)Inventor : HANAWA KEIJI
 SANEYOSHI KEIJI

(54) OUTSIDE MONITORING DEVICE FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To surely detect a sidewall to be a continuous solid object as a boundary of a road such as a guard rail, a bush, and a pylon string and to detect the existence, position and direction of the sidewall by a data format to be easily processed.

CONSTITUTION: A stereoscopic optical system 10 picks up an image of an object existing in a set range on the outside of a vehicle 1 and inputs the image to a stereoscopic image processor 20. The processor 20 processes the image picked up by the optical system 10 and calculates the distance distribution of the whole picture. A road/sidewall detector 100 calculates the three-dimensional positions of respective parts of the object correspondingly to the information of the distance distribution and detects a road shape and a sidewall by a sure and data format to be easily processed based on the information of these three-dimensional positions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3324821

[Date of registration] 05.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3324821号

(P3324821)

(45) 発行日 平成14年9月17日 (2002.9.17)

(24) 登録日 平成14年7月5日 (2002.7.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	
G 0 6 T 1/00	3 1 5	G 0 6 T 1/00	3 1 5
	3 3 0		3 3 0 A
B 6 0 R 21/00	6 2 4	B 6 0 R 21/00	6 2 4 F
G 0 6 T 7/00		G 0 6 T 7/00	C
	2 5 0		2 5 0

請求項の数 8 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平5-52591	(73) 特許権者	000005348 富士重工業株式会社 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
(22) 出願日	平成5年3月12日 (1993.3.12)	(72) 発明者	堀 圭二 東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会社スバル研究所内
(65) 公開番号	特開平6-266828	(72) 発明者	奥吉 敬二 東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会社スバル研究所内
(43) 公開日	平成6年9月22日 (1994.9.22)	(74) 代理人	100076233 弁理士 伊藤 進
審査請求日	平成12年3月6日 (2000.3.6)	審査官	新井 則和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車輛用車外監視装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車外の設定範囲の対象を検出し、この対象に対する位置情報を出力する計測手段と、前記計測手段からの位置情報に基づき、道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式とを検出する側壁直線検出手段と、前記側壁直線検出手段で検出した直線式の周囲に空間領域を設定し、この空間領域内のデータのみを抽出して前記側壁が存在する範囲を検出する側壁範囲検出手段とを備えたことを特徴とする車輛用車外監視装置。

【請求項2】 車外の設定範囲内の対象を検出し、この対象に対する三次元位置情報を出力する計測手段と、前記計測手段からの三次元位置情報に基づいて道路モデルを決定し、この道路モデルを道路形状として検出する道路検出手段と、

前記道路モデルに基づいて、前記三次元位置情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出するデータ抽出手段と、

前記データ抽出手段で抽出したデータから、道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式とを検出する側壁直線検出手段と、

前記側壁直線検出手段で検出した直線式の周囲に空間領域を設定し、この空間領域内のデータのみを抽出して前記側壁が存在する範囲を検出する側壁範囲検出手段とを備えたことを特徴とする車輛用車外監視装置。

【請求項3】 前記道路検出手段に、前記三次元位置情報に基づいて、道路の白線の位置及び形状を推定する道路形状推定手段と、前記道路形状推定手段で推定した道路の白線を包含する

三次元の空間領域を三次元ウインドウとして設定する三次元ウインドウ設定手段と、

前記三次元位置情報の中から前記三次元ウインドウ内のデータのみを抽出し、

前記道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する直線要素検出手段と、

前記直線要素検出手段で検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には前記直線要素を修正あるいは変更して前記道路モデルを決定する道路形状判定手段とを備えたことを特徴とする請求項2記載の車両用車外監視装置。

【請求項4】 前記側壁直線検出手段は、前記側壁の存在を探索する探索領域を設定し、この探索領域内のデータのみを抽出してハフ変換を行なうことにより、前記側壁の存在の有無と、前記直線式とを検出するものであることを特徴とする請求項1または2記載の車両用車外監視装置。

【請求項5】 前記側壁直線検出手段は、前記側壁の存在を探索する探索領域を格子状に区分して設定し、この探索領域内のデータのみを抽出して各格子内に含まれるデータの個数を求め、各格子内のデータは各格子の中心位置にまとまって存在するものとしてハフ変換を行なうことにより、前記側壁の存在の有無と、前記直線式とを検出するものであることを特徴とする請求項1または2記載の車両用車外監視装置。

【請求項6】 前記側壁範囲検出手段は、前記空間領域内のデータの個数を縦軸とし、自車両との距離を横軸とするヒストグラムを作成し、このヒストグラムの度数の大小から前記側壁が存在する範囲を検出するものであることを特徴とする請求項1または2記載の車両用車外監視装置。

【請求項7】 前記計測手段は、車外の設定範囲を撮像して画像処理することにより、車外の対象に対する前記位置情報を出力するものであることを特徴とする請求項1または2記載の車両用車外監視装置。

【請求項8】 前記計測手段は、車外の設定範囲を走査してレーザ光を投射・受光することにより、車外の対象に対する前記位置情報を出力するものであることを特徴とする請求項1または2記載の車両用車外監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ガイドレール等の道路の境界となる連続した立体物としての側壁を検出する車両用車外監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 人や物を運ぶ手段の1つである自動車等の車両は、その利便性と快適性から現代社会においてなくてはならない存在となっている。そこで、自動車の持

つ優れた点を犠牲にすることなく、自動車の衝突や道路からの逸脱等の事故発生の危険性を判断したり、これらの事故を自動的に回避する技術が従来より進められており、自車両が走行して行く道筋や走行可能な道路の範囲を認識することが重要な課題の1つとなっている。

【0003】 道路の形状や走行可能範囲を認識する技術としては、車両に搭載したカメラ等の撮像装置により車外の対象風景を撮像し、この撮像した画像を画像処理することにより、道路上の白線、他の車両、道路周辺の物体を検出する技術が開発されており、さらに、道路の形状や物体までの距離を求める計測技術が開発されている。

【0004】 この画像による認識・計測技術は、単眼視像からカメラ位置との関係を用いて対象物までの距離を推定する技術と、複数のカメラにより、あるいは1つのカメラの位置を変えることにより複数の画像を撮像し、三角測量の原理で対象物までの距離を求める、いわゆるステレオ法による技術とに大別される。

【0005】 単眼視像による二次元画像から障害物や道路形状を検出する技術は、種々提案されており、例えば、特開平1-242916号公報には、1台のTVカメラを車内のフロントウインド中央上部付近に取り付け、これから得られる画像を用いて、画像中のあるサーベイ・ライン上の輝度分布パターンや、二次元的な輝度分布パターンから障害物や道路の白線を検出し、TVカメラの取り付け位置や、方向、視野等のパラメータからカメラ位置を仮定し、障害物や白線の三次元位置を推定する技術が開示されている。

【0006】 しかしながら、実際の道路上で撮影される画像には、周囲の建物や木々等の様々な物体や背景が写っており、この中から、道路の白線を二次元的な特徴パターンのみによつて的確に検出することは困難である。さらに、一般の道路では白線が整備されていない箇所も多くあり、この場合には、この技術は使用できないことになる。

【0007】 このように、白線が無い道路では、ガードレール、植込み、パイロン列等、道路の境界となる連続した立体物としての側壁を検出し、これによつて道路の形状や走行可能範囲を検出することが有効であると考えられる。しかし、単眼視像を用いる技術では、このような側壁を検出することは困難である。

【0008】 一方、複数の画像から三角測量の原理で距離を求めるステレオ法の技術は、左右画像における同一物体の位置の相対的なずれから距離を求めるので、正確な距離を求めることができる。

【0009】 例えば、特開昭48-2927号公報、特開昭55-27708号公報には、2台のTVカメラを車両前方に取り付け、まず、各々の画像を空間微分して明暗変化点のみを抽出し、片方のカメラの画像の走査を所定時間だけ遅延させてもう一方の画像と重ね合わせ、

2つの画像で一致する部分のうち、立体物が持つ明暗変化の特徴から、立体物だけを抽出する技術が開示されており、さらに、計測自動制御学会論文集Vol. 21, No. 2 (昭和60年2月)の中に発表されている「障害物の2次元的な分布の認識手法」には、通路パターン認識装置により道路脇のガードレールを検出する技術が記載されている。

【0010】しかしながら、この技術では、検出されるガードレールは、細かい部分毎の位置のデータの集まりとして出力されるに留まり、側壁を連続的に存在する立体物として認識していない。従って、この検出結果の出力を使って、前述のような事故発生の危険性の判断や事故回避を実現しようとする、複雑なデータ処理が必要になる。

【0011】また、車輦の側面や四隅に超音波センサーを取り付け、ガードレール等を検出する技術も開発されているが、超音波センサーは計測可能な距離が短く、車輦の近傍のガードレールしか検出できない。このため、一般道路を通常速度で走行する場合には、検出能力が不足し、さらには、植込み等のように超音波では検出困難な側壁には対処することができない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、実際の複雑な状況においては、実際の道路上の画像には様々な物が写っており、ガードレール、植込み、パイロン列等の検出すべき物体を、前方にある別の物体が部分的に隠している場合もある。このような状況下では、目的とする側壁だけを正確に検出することは極めて困難である。

【0013】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、ガードレール、植込み、パイロン列等の道路の境界となる連続した立体物としての側壁を確実に検出することができ、しかも、側壁の有無、位置、方向を処理が容易なデータ形態で検出することのできる車輦用車外監視装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、車外の設定範囲の対象を検出し、この対象に対する位置情報を出力する計測手段と、前記計測手段からの位置情報に基づき、道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式とを検出する側壁直線検出手段と、前記側壁直線検出手段で検出した直線式の周囲に空間領域を設定し、この空間領域内のデータのみを抽出して前記側壁が存在する範囲を検出する側壁範囲検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0015】第2の発明は、車外の設定範囲内の対象を検出し、この対象に対する三次元位置情報を出力する計測手段と、前記計測手段からの三次元位置情報に基づいて道路モデルを決定し、この道路モデルを道路形状として検出する道路検出手段と、前記道路モデルに基づいて、前記三次元位置情報の中から道路表面より上にある

データのみを抽出するデータ抽出手段と、前記データ抽出手段で抽出したデータから、道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式とを検出する側壁直線検出手段と、前記側壁直線検出手段で検出した直線式の周囲に空間領域を設定し、この空間領域内のデータのみを抽出して前記側壁が存在する範囲を検出する側壁範囲検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】第3の発明は、第2の発明において、前記道路検出手段に、前記三次元位置情報に基づいて、道路の白線の位置及び形状を推定する道路形状推定手段と、前記道路形状推定手段で推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を三次元ウィンドウとして設定する三次元ウィンドウ設定手段と、前記三次元位置情報の中から前記三次元ウィンドウ内のデータのみを抽出し、前記道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する直線要素検出手段と、前記直線要素検出手段で検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には前記直線要素を修正あるいは変更して前記道路モデルを決定する道路形状判定手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】第4の発明は、第1の発明または第2の発明において、前記側壁直線検出手段は、前記側壁の存在を探索する探索領域を設定し、この探索領域内のデータのみを抽出してハフ変換を行なうことにより、前記側壁の存在の有無と、前記直線式とを検出するものであることを特徴とする。

【0018】第5の発明は、第1の発明または第2の発明において、前記側壁直線検出手段は、前記側壁の存在を探索する探索領域を格子状に区分して設定し、この探索領域内のデータのみを抽出して各格子内に含まれるデータの個数を求め、各格子内のデータは各格子の中心位置にまとまって存在するものとしてハフ変換を行なうことにより、前記側壁の存在の有無と、前記直線式とを検出するものであることを特徴とする。

【0019】第6の発明は、第1の発明または第2の発明において、前記側壁範囲検出手段は、前記空間領域内のデータの個数を縦軸とし、自動車との距離を横軸とするヒストグラムを作成し、このヒストグラムの度数の大小から前記側壁が存在する範囲を検出するものであることを特徴とする。

【0020】

【0021】

【0022】第7の発明は、第1の発明または第2の発明において、前記計測手段は、車外の設定範囲を撮像して画像処理することにより、車外の対象に対する前記位置情報を出力するものであることを特徴とする。

【0023】第8の発明は、第1の発明または第2の発明において、前記計測手段は、車外の設定範囲を走査してレーザ光を投射・受光することにより、車外の対象に

対する前記位置情報を出力するものであることを特徴とする。

【0024】

【作用】第1の発明では、車外の設定範囲の対象に対する位置情報に基づいて、道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式とを検出し、さらに、この直線式の周囲に空間領域を設定し、この空間領域内のデータのみを抽出して前記側壁が存在する範囲を検出する。

【0025】第2の発明では、車外の設定範囲内の対象に対する三次元位置情報に基づいて道路モデルを決定し、この道路モデルに基づいて、前記三次元位置情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出する。そして、抽出したデータから、道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式とを検出し、さらに、この直線式の周囲に空間領域を設定し、この空間領域内のデータのみを抽出して前記側壁が存在する範囲を検出する。

【0026】第3の発明では、第2の発明において、前記三次元位置情報に基づいて道路の白線の位置及び形状を推定し、推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を三次元ウィンドウとして設定するとともに、前記三次元位置情報の中から前記三次元ウィンドウ内のデータのみを抽出して前記道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出し、検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には前記直線要素を修正あるいは変更して前記道路モデルを決定することにより、道路形状を検出する。

【0027】第4の発明では、第1の発明または第2の発明において、前記側壁の存在を探索する探索領域を設定し、この探索領域内のデータのみを抽出してハフ変換を行なうことにより、前記側壁の存在の有無と、前記直線式とを検出する。

【0028】第5の発明では、第1の発明または第2の発明において、前記側壁の存在を探索する探索領域を格子状に区分して設定し、この探索領域内のデータのみを抽出して各格子内に含まれるデータの個数を求め、各格子内のデータは各格子の中心位置にまとまって存在するものとしてハフ変換を行なうことにより、前記側壁の存在の有無と、前記直線式とを検出する。

【0029】第6の発明では、第1の発明または第2の発明において、前記空間領域内のデータの個数を縦軸とし、自車との距離を横軸とするヒストグラムを作成し、このヒストグラムの度数の大小から前記側壁が存在する範囲を検出する。

【0030】

【0031】

【0032】第7の発明は、第1の発明または第2の発明において、車外の設定範囲を撮像して画像処理することにより、車外の対象に対する前記位置情報を出力す

る。

【0033】第8の発明は、第1の発明または第2の発明において、車外の設定範囲を走査してレーザ光を投射・受光することにより、車外の対象に対する前記位置情報を出力する。

【0034】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1～図38は本発明の第1実施例に係り、図1は車外監視装置の全体構成図、図2は車輛の正面図、図3は車外監視装置の回路ブロック図、図4はカメラと被写体との関係を示す説明図、図5はステレオ画像処理装置の具体例を示す回路構成図、図6はシティブロック距離計算回路の説明図、図7は最小値検出回路のブロック図、図8は車載のCCDカメラで撮像した画像の例を示す説明図、図9は距離画像の例を示す説明図、図10は車輛の上面図、図11は車輛の側面図、図12は道路・側壁検出装置の機能ブロック図、図13は道路モデルの例を示す説明図、図14は三次元ウィンドウの形状を示す説明図、図15は二次元ウィンドウの形状を示す説明図、図16は直線要素とデータのずれ量を示す説明図、図17はずれ量と重み係数の関係を示す説明図、図18は検出した道路形状の例を示す説明図、図19は側壁検出における探索領域の形状を示す説明図、図20は側壁検出における画像の例を示す説明図、図21は立体物データの分布状況を示す説明図、図22はハフ変換での直線の想定を示す説明図、図23はパラメータ空間の投票領域を示す説明図、図24はパラメータ空間への投票結果を示す説明図、図25は側壁候補領域を示す説明図、図26はヒストグラムと側壁の存在範囲の関係を示す説明図、図27はステレオ画像処理装置の動作を示すフローチャート、図28はシフトレジスタ内の保存順序を示す説明図、図29はシティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート、図30はずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート、図31はステレオ画像処理装置の動作を示すタイミングチャート、図32～図35は道路検出部の動作を示すフローチャートであり、図32は道路形状推定処理のフローチャート、図33は三次元ウィンドウ発生処理のフローチャート、図34は直線要素検出処理のフローチャート、図35は道路形状判定処理のフローチャート、図36～図38は側壁検出部の動作を示すフローチャートであり、図36は立体物データ抽出処理のフローチャート、図37は側壁直線検出処理のフローチャート、図38は側壁範囲検出処理のフローチャートである。

【0035】図1において、符号1は自動車等の車輛であり、この車輛1に、車外の設定範囲内の対象を認識して監視する車外監視装置2が搭載されている。この車外監視装置2は、車外の設定範囲内の対象を撮像するステレオ光学系10と、このステレオ光学系10によって撮像した画像を処理し、三次元の距離分布情報を算出する

ステレオ画像処理装置20と、このステレオ画像処理装置20からの距離情報を入力し、その距離情報から、道路形状、及び、ガードレール、植込み、パイロン列等の道路の境界となる連続した立体物としての側壁の三次元位置を高速で検出する道路・側壁検出装置100とを備えており、例えば、図示しないアクチュエータ類を制御する外部装置を接続することにより、認識された側壁に車両1が衝突あるいは接触する危険がある場合、運転者に対する警告、車体の自動衝突回避等の動作を行なうことができるようになっていいる。

【0036】前記ステレオ光学系10は、撮像した画像を電気信号に変換する撮像装置として、例えば電荷結合素子(CCD)等の固体撮像素子を用いたCCDカメラを用いて構成されており、図2に示すように、遠距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ11a、11b(代表してCCDカメラ11と表記する場合もある)

が、それぞれ車室内の天井前方に一定の間隔をもって取り付けられるとともに、近距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ12a、12b(代表してCCDカメラ12と表記する場合もある)が、それぞれ、遠距離用のCCDカメラ11a、11bの内側に一定の間隔をもって取り付けられている。

【0037】また、図3に示すように、前記ステレオ画像処理装置20は、前記ステレオ光学系10からの左右2枚の画像信号を入力し、画像の微小領域毎に2枚の画像で同一の物体が写っている部分を検出し、その画像上の位置のずれ量から物体までの距離を算出する処理を画像全体に渡って実行する距離検出回路20a、この距離検出回路20aの出力である距離情報を記憶する距離画像メモリ20b等から構成されており、前記ステレオ光学系10と前記ステレオ画像処理装置20とで、車外の設定範囲の対象を検出し、この対象に対する位置情報を出力する計測手段を構成するようになっていいる。

【0038】また、道路・側壁検出装置100は、距離画像メモリ20bに書き込まれた距離情報を読み出して

$$Z = r \times f / \delta$$

この左右画像のずれ量 δ を検出するには、左右画像における同一物体の像を見つけ出す必要があり、本発明では、次に述べるステレオ画像処理装置20において、画像を小領域に分割し、それぞれの小領域内の輝度あるいは色のパターンを左右画像で比較して一致する領域を見つけ出し、全画面に渡って距離分布を求める。従って、従来のように、エッジ、線分、特殊な形等、何らかの特徴を抽出し、それらの特徴が一致する部分を見つけ出す

$$H = \sum |A_i - B_i|$$

また、分割すべき小領域の大きさとしては、大きすぎると、その領域内に遠方物体と近くの物体が混在する可能性が高くなり、検出される距離が曖昧になる。画像の距離分布を得るためにも領域は小さい方が良いが、小さすぎると、一致度を調べるための情報量が不足する。

各種の計算処理を行なうマイクロプロセッサ100aを中心に構成され、制御プログラムを格納する読み出し専用メモリ(ROM)100b、計算処理途中の各種パラメータを記憶する読み書き両用メモリ(RAM)100c、インターフェース回路100d、処理結果のパラメータを記憶する出力用メモリ100e等から構成されており、前記インターフェース回路100dには、車両1に取り付けられた車速センサ3と、ステアリングの操舵角を検出する舵角センサ4とが接続されている。

【0039】前記マイクロプロセッサ100aは、前記距離画像メモリ20bを介して距離画像を入力して計算処理を実行し、処理結果である道路形状や側壁のパラメータを出力用メモリ100eに出力する。道路・側壁検出装置100に接続される外部機器は、前記出力用メモリ100eを介して、これらのパラメータを受け取ることになる。

【0040】ここで、前記ステレオ光学系10として、直近から例えば100m遠方までの距離計測を行なう場合、車室内のCCDカメラ11、12の取付位置を、例えば、車両1のボンネット先端から2mとすると、実際には前方2mから100mまでの位置を計測できれば良い。

【0041】すなわち、図4に示すように、遠距離用の2台のCCDカメラ11a、11bの取付間隔を r として、2台のカメラ11a、11bの設置面から距離 Z にある点 P を撮影する場合、2台のカメラ11a、11bの焦点距離を共に f とすると、点 P の像は、それぞれのカメラについて焦点位置から f だけ離れた投影面に写る。

【0042】このとき、右のCCDカメラ11bにおける像の位置から左のCCDカメラ11aにおける像の位置までの距離は、 $r + \delta$ となり、この δ をずれ量とすると、点 P までの距離 Z は、ずれ量 δ から以下の式で求めることができる。

【0043】

(1)

ことによる情報量の低下を避けることができる。

【0044】左右画像の一致度は、右画像、左画像の i 番目画素の輝度(色を用いても良い)を、それぞれ、 A_i 、 B_i とすると、例えば、以下の(2)式に示すシティブロック距離 H によって評価することができ、平均値の採用による情報量の低下もなく、乗算がないことから演算速度を向上させることができる。

【0045】

(2)

【0046】このため、例えば、100m先にある幅1.7mの車両が、隣の車線の車両と同じ領域内に含まれないように、4つに分割される画素数を領域横幅の最大値とすると、前記ステレオ光学系10に対して4画素となる。この値を基準に最適な画素数を実際の画像で試

行した結果、縦横共に4画素となる。

【0047】以下の説明では、画像を 4×4 の小領域で分割して左右画像の一致度を調べるものとし、ステレオ光学系10は、遠距離用のCCDカメラ11a、11bで代表するものとする。

【0048】前記ステレオ画像処理装置20の具体的回路例は、図5に示され、この回路例では、距離検出回路20aに、前記ステレオ光学系10で撮像したアナログ画像をデジタル画像に変換する画像変換部30、この画像変換部30からの画像データに対し、左右画像のずれ量 δ を決定するためのシティブロック距離Hを画素を一つずつずらしながら次々と計算するシティブロック距離計算部40、シティブロック距離Hの最小値HMIN及び最大値HMAXを検出する最小・最大値検出部50、この最小・最大値検出部50で得られた最小値HMINが左右小領域の一致を示すものであるか否かをチェックしてずれ量 δ を決定するずれ量決定部60が備えられており、また、距離画像メモリ20bとして、デュアルポートメモリ90が採用されている。

【0049】前記画像変換部30では、左右画像用のCCDカメラ11a、11bに対応してA/Dコンバータ31a、31bが備えられ、各A/Dコンバータ31a、31bに、データテーブルとしてのルックアップテーブル(LUT)32a、32b、前記CCDカメラ11a、11bで撮像した画像を記憶する画像メモリ33a、33bが、それぞれ接続されている。

【0050】A/Dコンバータ31a、31bは、例えば8ビットの分解能を有し、左右のCCDカメラ11a、11bからのアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する。すなわち、処理の高速化のため画像の二値化を行なうと、左右画像の一致度を計算するための情報が著しく失われるため、例えば256階調のグレースケールに変換するのである。

【0051】また、LUT32a、32bはROM上に構成され、前記A/Dコンバータ31a、31bでデジタル量に変換された画像に対し、低輝度部分のコントラストを上げたり、左右のCCDカメラ11a、11bの特性の違いを補正する。そして、LUT32a、32bで変換された信号は、一旦、画像メモリ33a、33bに記憶される。

【0052】前記画像メモリ33a、33bは、後述するように、シティブロック距離計算部40で画像の一部を繰り返し取り出して処理するため、比較的低速のメモリから構成することができ、コスト低減を図ることができる。

【0053】前記シティブロック距離計算部40では、前記画像変換部30の左画像用の画像メモリ33aに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ41a、41bが接続されるとともに、右画像用の画像メモリ33bに、共通バス80を介して2組の入力バッファ

メモリ42a、42bが接続されている。

【0054】前記左画像用の各入力バッファメモリ41a、41bには、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ43a、43bが接続され、右画像用の各入力バッファメモリ42a、42bには、同様に、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ44a、44bが接続されている。さらに、これら4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、シティブロック距離を計算するシティブロック距離計算回路45が接続されている。

【0055】また、前記右画像用のシフトレジスタ44a、44bには、後述するずれ量決定部60の2組の10段構成のシフトレジスタ64a、64bが接続されており、次の小領域のデータ転送が始まると、シティブロック距離Hの計算の終わった古いデータはこれらのシフトレジスタ64a、64bに送られ、ずれ量 δ の決定の際に用いられる。

【0056】また、シティブロック距離計算回路45は、加減算器に入出力ラッチをつなげてワンチップ化した高速CMOS型演算器46を組み合わせており、図6に詳細が示されるように、演算器46を16個ピラミッド状に接続したパイプライン構造で、例えば8画素分を同時に入力して計算するようになっている。このピラミッド型構造の初段は、絶対値演算器、2段～4段は、それぞれ、第1加算器、第2加算器、第3加算器を構成し、最終段は総和加算器となっている。

【0057】尚、図6においては、絶対値計算と1、2段目の加算器は半分のみ表示している。

【0058】また、前記各入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bは、シティブロック距離計算の速度に応じた比較的小容量の高速タイプであり、入出力が分離し、クロック発生回路85から供給されるクロックに従って、#1アドレスコントローラ86によって発生されるアドレスが共通に与えられる。また、4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bとの転送は、#2アドレスコントローラ87によって制御される。

【0059】尚、シティブロック距離Hの計算をコンピュータのソフトウェアで行なう場合、右画像の一つの小領域に対して左画像の小領域を次々に探索し、これを右画像の小領域全部について行なう必要があり、この計算を例えば0.08秒で行なうとすると、一画素当たり例えば5ステップのプログラムで、500MIPS(Mega Instruction Per Second)の能力が要求される。これは現在の一般的なシスク(CISC)タイプのマイクロプロセッサでは実現不可能な数字であり、リスク(RISC)プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、あるいは、並列プロセッサ等を用いなければならなくなる。

【0060】前記最小・最大値検出部50は、シティブロック距離Hの最小値HMINを検出する最小値検出回路

51とシティブロック距離Hの最大値HMAXを検出する最大値検出回路52とを備えており、前記シティブロック距離計算回路45で使用する演算器46を最小値、最大値検出用として2個使用した構成となっており、シティブロック距離Hの出力と同期が取られるようになってい

【0061】図7に示すように、最小値検出回路51は、具体的には、Aレジスタ46a、Bレジスタ46b、及び、算術論理演算ユニット(ALU)46cからなる演算器46に、Cラッチ53、ラッチ54、Dラッチ55を接続して構成され、シティブロック距離計算回路45からの出力が、Aレジスタ46aと、Cラッチ53を介してBレジスタ46bとに入力され、ALU46の出力の最上位ビット(MSB)がラッチ54に出力される。このラッチ54の出力は、Bレジスタ46b及びDラッチ55に出力され、演算器46での最小値計算の途中の値が、Bレジスタ46bに保存されるとともに、そのときのずれ量 δ がDラッチ55に保存されるようになってい

【0062】尚、最大値検出回路52については、論理が逆になることと、ずれ量 δ を保存しないこと以外は、最小値検出回路51と同様の構成である。

【0063】前述したようにシティブロック距離Hは、一つの右画像小領域に対し、左画像小領域を1画素ずつずらしながら順次計算されていく。そこで、シティブロック距離Hの値が出力される毎に、これまでの値の最大値HMAX、最小値HMINと比較、更新することによって、最後のシティブロック距離Hの出力とほぼ同時に、その小領域におけるシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINが求まるようになってい

【0064】前記ずれ量決定部60は、比較的小規模のRISCプロセッサとして構成され、演算器61を中心として、2本の16ビット幅データバス62a、62b、ずれ量 δ を保持するラッチ63a、第1の規定値としてのしきい値Haを保持するラッチ63b、第2の規定値としてのしきい値Hbを保持するラッチ63c、第3の規定値としてのしきい値Hcを保持するラッチ63d、右画像の輝度データを保持する2組のシフトレジスタ64a、64b、演算器61の出力を受けてずれ量 δ または“0”を出力するスイッチ回路65、そして出力された結果を一時保存する出力バッファメモリ66a、66b、回路の動作タイミングや演算器61の機能の制御プログラムが書き込まれた16ビット幅のROM67が備えられている。

【0065】前記演算器61は、ALU70を中心として、Aレジスタ71、Bレジスタ72、Fレジスタ73、及び、セクタ74からなり、前記データバス62a(以下、Aバス62aとする)にAレジスタ71が接続されるとともに、前記データバス62b(以下、Bバス62bとする)にBレジスタ72が接続され、ALU

70の演算結果で前記スイッチ回路65を作動し、ずれ量 δ または“0”が前記出力バッファメモリ66a、66bに格納されるようになってい

【0066】前記Aバス62aには、各しきい値Ha、Hb、Hcを保持するラッチ63b、63c、63d、前記最大値検出回路52が接続され、前記Bバス62bには、前記最小値検出回路51が接続されている。さらに、前記Aバス62a及びBバス62bには、前記各シフトレジスタ64a、64bが接続されている。

【0067】また、前記スイッチ回路65には、前記演算器61が接続されるとともに、前記ラッチ63aを介して前記最小値検出回路51が接続され、後述する3つのチェック条件が演算器61で判定され、その判定結果に応じて前記出力バッファメモリ66a、66bへの出力が切り換えられる。

【0068】このずれ量決定部60では、得られたシティブロック距離Hの最小値HMINが本当に左右小領域の一致を示しているものかどうかチェックを行い、条件を満たしたもののみ、出力バッファメモリ66a、66bの対応する画素の位置にずれ量 δ を出力する。

【0069】すなわち、シティブロック距離Hが最小となるずれ量が求めるずれ量 δ となる訳であるが、以下の3つのチェック条件を満足した場合にずれ量 δ を出力し、満足しない場合には、データを採用せずに“0”を出力する。

【0070】(1) $HMIN \leq Ha$ ($HMIN > Ha$ のときには距離を検出できず。)

(2) $HMAX - HMIN \geq Hb$ (得られた最小値HMINがノイズによる揺らぎより明らかに低くなっていることをチェックするための条件であり、最小値HMINの近傍の値との差でなく、最大値HMAXとの差をチェック対象とすることにより、曲面等の緩やかに輝度の変わる物体に対しても距離検出が行なえる。)

(3) 右画像の小領域内の横方向の隣接画素間の輝度差 $> Hc$ (しきい値Hcを大きくするとエッジ検出となるが、輝度が緩やかに変化している場合にも対応可能なように、しきい値Hcは通常のエッジ検出レベルよりはずっと低くしてある。この条件は、輝度変化のない部分では、距離検出が行なえないという基本的な原理に基づいており、小領域中の画素毎に行なわれるため、小領域の中でも実際に距離の検出された画素のみが採用されることになり、自然な結果が得られる。)

尚、このずれ量決定の処理も、通常のマイクロプロセッサでソフト的に行おうとすると、例えば27MIPSの速さが必要となり、実行不可能である。

【0071】以上のずれ量決定部60から出力される最終結果である距離分布情報は、距離画像メモリ20bとしてのデュアルポートメモリ90へ共通バス80を介して書き込まれる。

【0072】以上説明したステレオ画像処理装置20か

ら出力される距離分布情報は、画像のような形態をしており（距離画像）、左右2台のCCDカメラ11a、11bで撮影した画像、例えば図8に示すような画像（図8は片方のカメラで撮像した画像を示す）を前記ステレオ画像処理装置20で処理すると、図9のような画像となる。

【0073】図9に示す画像例では、画像サイズは横400画素×縦200画素であり、距離データを持っているのは黒点の部分で、これは図8の画像の各画素のうち、左右方向に隣合う画素間で明暗変化が大きい部分である。画像上の座標系は、図9に示すように、左上隅を原点として横方向を*i*座標軸、縦方向を*j*座標軸とし、単位は画素である。

【0074】この距離画像は、前記道路・側壁検出装置100に読み込まれ、道路上の白線と、道路周辺に存在する側壁が検出される。この場合、前記道路・側壁検出装置100では、物体の三次元的な位置情報を利用し、

$$Y = CH - Z \times PW \times (j - JV) \quad (3)$$

$$X = r/2 + Z \times PW \times (i - IV) \quad (4)$$

ここで、CH : CCDカメラ11（CCDカメラ12）の取付け高さ、

PW : 1画素当たりの視野角、

JV, IV : 車両1の真正面の無限遠点の画像上の座標である。

$$j = (CH - Y) / (Z \times PW) + JV \quad (5)$$

$$i = (X - r/2) / (Z \times PW) + IV \quad (6)$$

尚、CCDカメラ11の取り付け位置を、前記実空間のXYZ座標系で示すと、例えば、右側のCCDカメラ11bは、 $X = 0.45\text{m}$ 、 $Y = 1.24\text{m}$ 、 $Z = 0.0\text{m}$ であり、左側のCCDカメラ11aは、 $X = -0.45\text{m}$ 、 $Y = 1.24\text{m}$ 、 $Z = 0.0\text{m}$ となる。

【0080】前記道路・側壁検出装置100の認識機能は、図12に示すように、道路検出部110と、側壁検出部120とに大別され、処理結果が、道路・側壁パラメータ記憶部130としての出力メモリ100eに記憶され、図示しない外部装置に読み込まれる。

【0081】前記道路検出部110は、前記距離画像に含まれる距離分布の情報（三次元位置情報）に基づいて道路モデルを決定し、この道路モデルを道路形状として検出する道路検出手段としての機能を有し、道路形状推定部111、三次元ウィンドウ発生部112、直線要素検出部113、及び、道路形状判定部114から構成されている。また、前記側壁検出部120は、立体物データ抽出部121、側壁直線検出部122、及び、側壁範囲検出部123から構成されている。

【0082】道路形状推定部111は、前記距離画像に含まれる距離分布の情報に基づいて、道路の白線の位置及び形状を推定する道路形状推定手段としての機能を有し、三次元ウィンドウ発生部112は、推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を三次元ウィンドウと

道路と側壁の区別は道路表面からの高さによって行い、側壁と背景の区別は距離の値によって行なう。

【0075】このため、前記道路・側壁検出装置100では、まず、前記ステレオ画像処理装置20からの距離画像の座標系を、自車（車両1）を取り巻く実空間の座標系に変換し、検出した道路形状や側壁に対し、位置や大きさを計算する。

【0076】すなわち、図10及び図11に示すように、実空間の座標系を車両1固定の座標系とし、X軸を車両1の右側側方、Y軸を車両1の上方、Z軸を車両1の前方、原点を2台のCCDカメラ11a（12b）、11b（12b）の中央の真下の道路面とすると、XZ平面（ $Y = 0$ ）は、道路が平坦な場合、道路面と一致することになり、画像中の距離情報（ i, j, Z ）から被写体の三次元位置（ X, Y, Z ）を算出するには、以下の（3）、（4）式により一種の座標変換を行なう。

【0077】

【0078】また、実空間の三次元座標（ X, Y, Z ）から画像上の位置（ i, j ）を算出する式も、前記（3）、（4）式を変形し、次のようになる。

【0079】

して設定する三次元ウィンドウ設定手段としての機能を有している。

【0083】また、直線要素検出部113は、前記距離分布の情報の中から前記三次元ウィンドウ内のデータのみを抽出し、前記道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する直線要素検出手段としての機能を有し、道路形状判定部114は、検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には前記直線要素を修正あるいは変更し、前記道路モデルを決定する道路形状判定手段としての機能を有している。

【0084】また、立体物データ抽出部121は、決定した道路モデルに基づいて、前記距離分布の情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出するデータ抽出手段としての機能を有し、側壁直線検出部122は、抽出した立体物データの中から、予め設定された側壁の探索領域内のデータのみを抽出し、これをハフ変換で処理して側壁の有無と側壁の位置を示す直線式とを検出する側壁直線検出手段としての機能を有している。

【0085】また、側壁範囲検出部123は、側壁の位置を示す直線式に基づいて、側壁が存在すると推定される側壁候補領域を設定し、この側壁候補領域内の立体物データの分布状態から、側壁の前後端の位置を検出する側壁範囲検出手段としての機能を有している。

【0086】前記道路検出部110では、距離画像メモ

り20bに記憶された距離画像による三次元的な位置情報を利用し、実際の道路上の白線だけを分離して抽出し、内蔵した道路モデルのパラメータを、実際の道路形状と合致するよう修正・変更して道路形状を認識する。

【0087】実際の画像では、道路上の白線に先行車等が重なって写るが、画像に写った道路の白線を二次元的な特徴を頼りに検出する従来の多くの装置では、白線と立体物とを二次元的な特徴によって分離することは困難な場合が多いが、本発明では白線の三次元的な位置情報を利用することにより、確実に白線と立体物とを分離することができる。

【0088】すなわち、三次元空間では白線は道路の平面上にあり、一方、先行車等の立体物は道路平面より高い位置にある。そこで、道路面からの高さによって白線と立体物を区別するのである。

【0089】さらに、道路検出部110には道路モデルが内蔵されており、この道路モデルは、認識対象範囲までの道路の自車線を、設定した距離によって複数の区間に分け、各区分毎に左右の白線を、後述する三次元の直線式で近似して折れ線状に連結したものであり、左右の折れ線で囲まれた範囲を自分の走行車線と判断する。道路形状の認識とは、三次元の直線式のパラメータを導出するプロセスともいえる。

【0090】図13は道路モデルの例であり、例えば、前方84mまでの道路を、第0区分R0、第1区分R1、第2区分R2、…、第6区分R6の7区分に分け、左カー

$$\Delta Z = V \times \Delta t \quad (7)$$

$$\Delta \theta = \Delta Z \times \tan(\eta / r_s) \times 1 / w_b \quad (8)$$

ここで、 r_s ：ステアリングと前輪の回転比、
 w_b ：車輛のホイールベースである。

【0095】従って、前回の処理で検出した道路形状を ΔZ だけ手前に移動し、さらに、 $\Delta \theta$ だけ車輛1の回転と逆方向に道路形状を回転させることにより、 Δt 秒後の道路の概略の位置と形状が推定できるのである。

【0096】三次元ウィンドウ発生部112では、推定した道路形状RDを表す左右の折れ線の内の一つの直線要素 L_d を中心として、図14に示すような直方体状の三次元空間領域すなわち三次元ウィンドウWD3Aを設定し、この設定した三次元ウィンドウWD3Aが、図15に示すように、二次元の画像上でどのように見えるかを計算し、ウィンドウ輪郭線の内側（図15中の斜線部分）を二次元ウィンドウWD2Aとし、この中のデータのみを検出対象とする。

【0097】三次元ウィンドウWD3Aから二次元ウィンドウWD2Aを求めるには、三次元ウィンドウWD3Aの8個の頂点の各座標（ X_n , Y_n , Z_n ）から、前述した（5）（6）式を用いて画像上の座標（ i_n , j_n ）を計算し、これらの点を包絡する多角形を計算する。

【0098】この三次元ウィンドウWD3Aは、長さを各区分の区切り距離（例えば、第1区分R1では前方10

ブを近似表現したものである。この道路モデルでは、7個の区間で道路を近似表現することにより、直線路のみでなくカーブやS字路も十分な精度で表現でき、また、各区分は直線で表現されるため、計算処理や取扱いが簡単である。さらに、後述するように、各区分は、水平方向及び垂直方向の直線式で表され、道路の上り下りや凹凸等の、道路の上下方向の形状も表現できる。

【0091】尚、前記道路モデルの各区分を区切る距離の値は、走行する道路のカーブの曲率に応じて変更する必要がある。一般の高速道路ではカーブの半径は最小で230m程度に設計されているため、このような場合、各区分の区切り距離を、10m、17m、25m、35m、48m、64m、84mにすると良好な結果が得られる。

【0092】次に、道路検出部110の機能を詳細に説明する。道路形状推定部111では、前回（ Δt sec前）の道路形状の認識結果を基にし、車速センサ3、舵角センサ4からの出力信号を使って Δt 秒間の車輛1の動きを算出し、 Δt 秒後の車輛1の位置から見た道路形状を推定する。

【0093】すなわち、車速センサ3の出力信号を V （m/sec）、ステアリング・コラムに取り付けた舵角センサ4の出力信号（操舵角）を η （rad）とすると、 Δt 秒間の車輛1の前進量 ΔZ （m）と回転角（ヨ一角） $\Delta \theta$ （rad）は、一般に次式で概算できる。

【0094】

～17m）と等しくし、一方、高さとは、車速等の状況に応じて変化させるが、道路形状の推定に誤差があり、実際の白線の位置とのずれが予想される場合には、高さや幅を大きくして検出する範囲を広くする。しかし、ウィンドウを大きくし過ぎると、道路周辺の縁石や草木等も検出してしまい、誤認識の原因となるため、ウィンドウの大きさを適切に選定することは重要である。一般の高速道路の走行では、試験の結果、高さ0.4m～0.8m、幅0.4～1.6mの範囲で変化させると良いことがわかっている。

【0099】このように、二次元の画像上では道路の白線と立体物が重なり合っているが、三次元ウィンドウを設定して道路の表面付近のデータのみを抽出することにより、白線を立体物と区別して検出できる。また、道路周辺には縁石や草木等もあるが、三次元ウィンドウを設定して白線があると推定される位置の近辺のデータのみを抽出することによって、道路上の白線をこれらの縁石や草木等と区別して検出できる。さらには、二次元ウィンドウを設定することにより、探索する領域及びデータ数を少なくして処理時間を短縮することができるのである。

【0100】直線要素検出部113では、先に推定した

道路形状の直線要素 L_d に対し、被写体の三次元位置の X 方向のずれ量 ΔX 、 Y 方向のずれ量 ΔY を計算し、このずれ量 ΔX 、 ΔY に応じて設定した重み係数を各データに掛け、最小自乗法により、水平方向(XZ 方向)及び垂直方向(YZ)方向の直線式を導出してパラメータを求める。

【0101】詳細には、まず、二次元ウィンドウ $WD2A$ 内の画素を順次サーベイして行き、距離データを持っている画素について、前述の(3)、(4)式を用いて被写体の三次元位置(X 、 Y 、 Z)を計算し、距離 Z の値が三次元ウィンドウ $WD3A$ の長さの範囲(例えば、第1区間 $R1$ では $Z=10\sim17m$)の外にある距離データは検出対象から除外する。

【0102】すなわち、三次元ウィンドウ $WD3A$ の向こう側や手前側にある物体の画像は、二次元ウィンドウ $WD2A$ 内に写り込むため、二次元ウィンドウ $WD2A$ 内でサーベイされる被写体は、三次元ウィンドウ $WD3A$ に包含されるとは限らない。そこで、各画素の被写体の三次元位置(X 、 Y 、 Z)を計算し、三次元ウィンドウ $WD3A$ に含まれるか否かを判別するのである。

$$\text{水平方向: } X = a \times Z + b$$

$$\text{垂直方向: } Y = c \times Z + d$$

同時に、重み係数が設定値(例えば、 $0.05\sim0.1$ 程度)以上のデータについて、その個数と、それらのデータが分布する距離 Z の範囲を調べ、データ数が設定値(例えば、 10 個程度)以下の場合、または距離 Z の範囲が三次元ウィンドウ $WD3A$ の長さ(例えば、第1区間 $R1$ では $Z=10m\sim17m$ の長さ $7m$)の $1/2$ 以下の場合には、正確な直線要素 L_d の候補は得られていないと判断し、前記で求めた直線式は棄却し、候補なしとする。

【0107】以上の処理を、左右および手前側から遠方側の区間に向かって順次行い、道路モデルを構成する全ての直線要素 L_d の候補を求める。この場合、三次元ウィンドウの幅の設定が大き過ぎると、道路周辺の縁石や草木等が三次元ウィンドウの端に掛かって来る場合があるが、この直線要素検出部113では、各データに重み係数を掛けて三次元ウィンドウの周辺部の重みを小さくすることにより、万一、縁石や草木等が掛かってきた場合にも、これらの影響を小さくし、安定して白線の直線式が導出できるのである。

【0108】道路形状判定部114では、各区間について、左右両方の直線要素 L_d の候補について、水平方向及び垂直方向の平行度から妥当性を判定する。その判定の結果、妥当と判定した場合には、両方を新しい直線要素 L_d の候補として採用し、一方、左右いずれかの直線要素 L_d の候補が正確でないと判定した場合には、直線要素 L_d の代用、補完を行なう。そして、求められた各直線要素 L_d のパラメータを道路・側壁パラメータ記憶部130に出力する。

【0103】続いて、先に推定した道路形状の直線要素 L_d と被写体の三次元位置を比較して図16に示すようなデータ Di の X 方向、 Y 方向のずれ量 ΔXi 、 ΔYi を計算し、三次元ウィンドウ $WD3A$ の幅、高さの範囲内にあるデータのみを選別した後、 X 方向、 Y 方向のずれ量 ΔXi 、 ΔYi に応じたデータ Di の重み係数を決定する。

【0104】前記重み係数は、図17に示すように、例えば、中心を 1.0 、周辺を 0.0 とする放物線状で、 X 方向の重み係数 f_x と Y 方向の重み係数 f_y の積を、そのデータ Di の重み係数としている。また、重み係数が 0.0 以上となる X 方向、 Y 方向の範囲は、三次元ウィンドウ $WD3A$ の幅、高さと同じとするか、あるいは、これらより大きくする。

【0105】各データ Di に対して、前記重み係数を掛けた後、最小自乗法を用いて、以下の(9)、(10)式に示す水平方向及び垂直方向の直線式を導出し、パラメータ a 、 b 、 c 、 d を求め、これを新しい直線要素 L_d の候補とする。

【0106】

$$(9)$$

$$(10)$$

【0109】具体的には、まず、左側の直線要素 L_d に対する(9)式のパラメータ(以下、左側を表す L 、右側を表す R を各パラメータに付加して示す) a_L と、右側の直線要素 L_d に対する(9)式のパラメータ a_R との差異から、水平方向の平行度を調べ、設定値(例えば、 5° 程度)以上の場合には、左右いずれかの直線要素 L_d は不正確であると判定する。同様にして、パラメータ c_L とパラメータ c_R の差異から垂直方向の平行度を調べ、設定値(例えば、 1° 程度)以上の場合には、いずれかの直線要素は不正確であると判定する。

【0110】この判定の結果、水平方向及び垂直方向いずれの平行度も条件を満たす場合には、両方が新しい直線要素として採用されるが、左右いずれかの直線要素 L_d が不正確と判定されると、左右の各々の直線要素 L_d の候補と先に推定した道路形状の位置とを比較し、ずれ量が少ない方を新しい直線要素 L_d として採用し、他方は棄却して候補なしとする。

【0111】そして、平行度の判定により左右いずれかの直線要素 L_d が候補なしとされた場合、あるいは、道路上の白線が破線状であったり、障害物に隠れて見えなためにデータが不足して左右いずれかの直線要素 L_d が候補なしと判定された場合には、検出された側の直線要素 L_d を車線の幅だけ並行移動して代用する。さらに、左右両方の直線要素 L_d が候補なしの場合には、先に推定した道路形状の直線要素 L_d を代用する。これにより、部分的に直線要素の検出失敗や誤検出が発生しても、全体としては安定した道路形状が得られるのである。

【0112】図18は、道路検出部110によって検出された道路形状を図式化した説明図あり、左右の白線に沿って直線要素が検出されている。尚、左右の直線要素の間の横線は、各区間の境界である。

【0113】次に、側壁検出部120について説明する。この側壁検出部120では、側壁と道路との区別を道路表面からの高さによって行ない、側壁と遠方の背景との区別を、前後方向と横方向の距離によって行なうことにより、側壁が存在すると推定される周辺のデータのみを抽出し、続いて側壁のデータは水平方向に直線的に並んでいる特徴に注目してこれをハフ変換によって検出し、位置を求める。

【0114】詳細には、側壁は立体物の一種であるから、まず、立体物データ抽出部121で、前述した道路

$$H=Y-Y_r$$

高さHが0.1m程度以下の被写体は、道路上の白線や汚れ、影等と考えられるため、この被写体のデータは棄却する。また、車輛の高さより上にある被写体も、歩道橋や標識等と考えられるので棄却し、道路上の立体物のデータのみを選別する。

【0117】前記立体物データ抽出部121では、画面に写っている広範囲の立体物のデータが抽出される。これら全てを処理することは合理的でないため、側壁直線検出部122では、側壁を探索する領域に制限を設ける。

【0118】この場合、距離画像が計測される範囲を上から見ると、CCDカメラ11の視野に制限されて図19のようになっており、道路を通常走行している場合には、側壁は車輛1の左側と右側に、車輛1と概ね平行に存在する。一方、遠くの側壁は、距離データの精度の面から検出が困難になり、且つ、検出の必要性も小さい。そこで、これらを考慮し、図示したような左側と右側の2つの探索領域SL、SRを設定し、左側と右側の側壁を別々に検出して行く。

【0119】すなわち、各探索領域SL、SRに含まれる立体物データを抽出するには、前記立体物データ抽出

$$X=a_{fi} \times Z+b_{fi}$$

次に図23に示すように、縦軸が式(12)の傾き a_{fi} 、横軸が切片 b_{fi} のパラメータ空間を設定し、式(12)のパラメータ a_{fi} 、 b_{fi} に相当する位置に投票を行う。

【0123】ここで、傾き a_{fi} の値は、前述したように側壁は車輛1と概ね平行と考えられるため、高速道路では、例えば $\pm 10^\circ$ ($a_{fi}:\pm 0.18$)程度、一般道路では、例えば $\pm 20^\circ$ ($a_{fi}:\pm 0.36$)程度の範囲で変化させれば実用上十分である。また、切片 b_{fi} の値は、左側の側壁を検出する場合、車輛1の左脇である例えば $X=-1m$ から $-10m$ 程度の範囲、右側の側壁を検出する場合には、例えば $X=+1m$ から $+10m$ 程度の範囲に制限する。このように、制限範囲を例

検出部110における検出結果のパラメータを読み込んで道路表面の高さHを設定し、この道路表面の高さHより上にある立体物のデータを、距離画像の中から抽出する。尚、白線が無い道路では、道路表面は車輛1に水平であると仮定して道路表面の高さを設定する。

【0115】距離画像における被写体は、画像上の座標 (i, j) と距離データZから、前述の(3)、(4)式を使って実空間の三次元位置 (X, Y, Z) が算出され、さらに、先に検出した道路形状の式(10)を使って、距離Zに於ける道路表面の高さ Y_r が計算される。被写体の道路表面からの高さHは、次の(11)式で計算することができる。

【0116】

$$(11)$$

部121で抽出された各データの被写体の三次元位置 (X, Z) 座標を計算し、この三次元位置 (X, Z) と各探索領域SL、SRとを、それぞれ比較して判定するのである。

【0120】例えば図20に示すような状況では、画像上に前記各探索領域SL、SRを図示すると破線枠のようになり、これらの探索領域内にも、目的とする側壁の他に歩行者や電柱等様々な立体物が存在する。さらに、距離画像にはノイズ状の偽データも含まれており、実際には物体が存在しない空間にデータのみが分散して存在する。これらのデータを模式的に示すと図21のようになり、この中で側壁は、そのデータが直線状に並んでいる特徴がある。そこで、ハフ変換を使用してデータの列の直線式を検出することによって側壁の検出を行なう。

【0121】このハフ変換による直線式の検出について説明すると、まず、図22の立体物データ P_i (座標 X_i, Z_i)に対し、このデータ P_i の点を通る直線 F_i を想定する。この直線の式は、以下の(12)式で示される。

【0122】

$$(12)$$

例えば $\pm 10m$ 程度にするのは、あまり遠く離れた側壁の検出は実用面の必要性が小さいためである。

【0124】このような制限により、パラメータ空間上で投票が行われる範囲は、図23に示すような矩形領域となり、この矩形領域はさらに格子状に分割されて各格子毎に投票される。式(12)の傾き a_{fi} は、所定の変化範囲内(例えば $\pm 10^\circ \sim \pm 20^\circ$)であり、格子間隔 Δa_{fi} 毎に順次変化させて設定する。切片 b_{fi} は、設定された傾き a_{fi} と立体物データ P_i の座標 (X_i, Z_i) を式(12)に代入して算出され、これが前記制限範囲内であればパラメータ空間の該当する格子に投票される。

【0125】検出される側壁の位置、すなわち直線式の

傾きと切片の検出精度は、格子間隔 $\Delta a f$ 、 $\Delta b f$ によって決定され、格子間隔 $\Delta a f$ 、 $\Delta b f$ の設定は、側壁の情報を利用する外部装置側の要求に基づいて行なわれる。例えば、道路を通常走行する場合の衝突等の危険の検知として利用する場合には、格子間隔 $\Delta a f$ は1~2°程度、格子間隔 $\Delta b f$ は0.3~0.6m程度が良い。

【0126】以上のようにして探索領域内の全立体物データに対してパラメータ空間への投票を行なう際、図22に示すように、直線的に並んだデータが存在すると、このデータの列と一致するように設定した直線のパラメータ $a f i$ 、 $b f i$ に相当するパラメータ空間の格子は多くの得票を得て、左右の投票領域 $S L$ 、 $S R$ 毎に局所極大値が現れる。図24は、図22に示した立体物データの例を処理してパラメータ空間に投票した結果を示し、この例では局所極大値は43である。

$$X = a f \times Z + b f$$

まず、直線 $F f$ を中心として幅0.3m~1.0m程度の領域を側壁候補領域 $T f$ とすると、この領域は、さらに図25のように Z 方向に区分される。側壁候補領域 $T f$ の幅は、前記パラメータ空間の格子の間隔 $\Delta b f$ にデータの誤差等を考慮して設定する。

【0130】次に、前記探索領域内の立体物データを順次サーベイし、側壁候補領域 $T f$ 内にあるデータのみを抽出した後、区分毎に立体物データの個数をカウントし、ヒストグラムを作成する。これを模式的に示すと図26のようになり、側壁が存在する部分では大きな度数を示す。従って、度数が判定値以上の区分を検出することによって、この範囲に側壁が存在すると判断することができ、その両端の三次元位置を計算して側壁の前後端位置とする。

【0131】左右両側の側壁を検出するには、まず、側壁直線検出部122で左側の探索領域 $S L$ を設定して側壁直線検出処理及び側壁範囲検出処理を行なって左側の側壁を検出した後、再び側壁直線検出部122で右側の探索領域 $S R$ を設定し、同様の処理を繰り返して右側の側壁を検出する。

【0132】以上のようにして求められた道路の形状と側壁の有無、位置等のパラメータは、道路・側壁パラメータ記憶部130に出力され、記憶される。

【0133】次に、ステレオ画像処理装置20による距離情報の算出、及び、道路・側壁検出装置100の動作について説明する。

【0134】まず、ステレオ画像処理装置20では、図27に示すプログラムのステップS101で左右のCCDカメラ11a、11bによって撮像した画像を入力すると、ステップS102で、入力した画像をA/D変換した後、LUT32a、32bで補正し、画像メモリ33a、33bに記憶する。

【0135】これらの画像メモリ33a、33bに記憶

【0127】側壁が存在し、明確な立体物データの列があるとパラメータ空間の局所極大値は大きな値を示し、一方、側壁が無く、複数の物体が分散して存在する状態では局所極大値は小さい値を示す。従って、パラメータ空間の左右の投票領域 $S L$ 、 $S R$ 毎に局所極大値を検出し、検出した局所極大値が判定値以上であれば側壁が存在すると判定することができる。判定値は設定する探索領域の大きさや格子の間隔等を考慮して設定する。

【0128】次に、前記側壁直線検出部122で側壁有り判定された場合には、側壁範囲検出部123で側壁の前後端の位置を検出する。局所極大値の格子に相当するパラメータ $a f$ 、 $b f$ を読み出すと、側壁は、次の直線式(13)に沿って存在すると推定され、図22及び図24の例で検出された直線式を図示すると図25に示す直線 $F f$ となる。

【0129】

$$(13)$$

される画像は、CCDカメラ11a、11bのCCD素子の全ラインのうち、その後の処理に必要なラインのみであり、例えば0.1秒に1回の割合（テレビ画像で3枚に1枚の割合）で書き換えられる。

【0136】次に、ステップS103へ進むと、左右画像用の画像メモリ33a、33bから入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへ、共通バス80を介して、例えば4ラインずつ左右画像データが読み込まれ、読み込んだ左右画像のマッチング、すなわち一致度の評価が行なわれる。

【0137】その際、左右の画像毎に、前記画像メモリ33a、33bから前記入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへの読み込み動作と、シフトレジスタ43a、43b、44a、44bに対する書き込み動作とが交互に行なわれる。例えば、左画像では、画像メモリ33aから一方の入力バッファメモリ41aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ41bからシフトレジスタ43bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれ、右画像では、画像メモリ33bから一方の入力バッファメモリ42aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ42bからシフトレジスタ44bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれる。

【0138】そして、図28に示すように、前記シフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、左右の4×4画素の小領域の画像データ(1, 1) … (4, 4)が保存され、一方のシフトレジスタ43a(44a)には1、2ラインのデータが、もう一方のシフトレジスタ43b(44b)には3、4ラインのデータが、それぞれ1画素毎に奇数ライン、偶数ラインの順序で入る。

【0139】前記各シフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、それぞれが独立した転送ラインを持

ち、 4×4 画素のデータは例えば8クロックで転送される。そして、これらのシフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、8段のうちの偶数段の内容を同時にシティブロック距離計算回路45に出力し、シティブロック距離Hの計算が始まると、右画像のデータはシフトレジスタ44a、44b内に保持されて、クロック毎に奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力され、一方、左画像のデータはシフトレジスタ43a、43bに転送され続け、奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力されつつ、2クロック毎に1画素分右のほうにずれたデータに置き換わっていく。この動作を、例えば100画素分ずれるまで(200クロック)繰り返す。

【0140】その後、一つの小領域に対する転送が終了すると、#2アドレスコントローラ87内の左画像用アドレスカウンタに右画像用アドレスカウンタの内容(次の 4×4 画素の小領域の先頭アドレス)がセットされ、次の小領域の処理が始まる。シティブロック距離計算回路45では、図29のタイミングチャートに示すように、まず、ピラミッド型構造初段の絶対値演算器に8画素分のデータを入力し、左右画像の輝度差の絶対値を計算する。すなわち、右画素の輝度から対応する左画素の輝度を引き算し、結果が負になった場合、演算命令を変えることにより、引く方と引かれる方を逆にして再び引き算を行なうことにより、絶対値の計算を行なう。従って、初段では引き算を2回行なう場合がある。

【0141】次いで、初段を通過すると、2段目から4段目までの第1ないし第3加算器で二つの同時入力データを加算して出力する。そして、最終段の総和加算器で二つの連続するデータを加え合わせて総和を計算し、必要とする16画素分のシティブロック距離Hを2クロック毎に最小・最大値検出部50へ出力する。

【0142】次に、ステップS104へ進み、前記ステップS103で算出したシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINを検出する。前述したように、この最大値HMAXの検出と最小値HMINの検出とは、互いに論理が逆になることと、ずれ量を保存しないこと以外は、全く同じであるため、以下、代表して最小値HMINの検出について説明する。

【0143】まず、最初に出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=0$)が、図7に示す最小値検出回路51のCラッチ53を介して、演算器46のBレジスタ46bに入力される。次のクロックで出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=1$)は、Cラッチ53と演算器46のAレジスタ46aとに入れられ、演算器46では、同時に、Bレジスタ46bとの比較演算が始まる。

【0144】前記演算器46での比較演算の結果、Bレジスタ46bの内容よりもAレジスタ46aの内容の方が小さければ、次のクロックのときに、Cラッチ53の内容(すなわちAレジスタ46aの内容)がBレジスタ

46bに送られ、このときのずれ量 δ がDラッチ55に保存される。このクロックで同時に、次のシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=2$)がAレジスタ46aとCラッチ53に入れられ、再び比較演算が始まる。

【0145】このようにして、計算途中での最小値が常にBレジスタ46bに、そのときのずれ量 δ がDラッチ55に保存されながら、ずれ量 δ が100になるまで計算が続けられる。計算が終了すると(最後のシティブロック距離Hが出力されてから1クロック後)、Bレジスタ46bとDラッチ55の内容はずれ量決定部60に読み込まれる。

【0146】この間に、前述したシティブロック距離計算回路45では次の小領域の初期値が読み込まれ、時間の無駄を生じないようにしており、一つのシティブロック距離Hを計算するのに、例えば4クロックかかるが、パイプライン構造をとっているため、2クロック毎に新たな計算結果が得られる。

【0147】ステップS105では、前記ステップ104でシティブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXが確定すると、ずれ量決定部60にて、前述した3つの条件がチェックされ、ずれ量 δ が決定される。

【0148】すなわち、図30のタイミングチャートに示すように、Bバス62bを介して最小値HMINが演算器61のBレジスタ72にラッチされるとともに、このBレジスタ72の値と比較されるしきい値HaがAバス62aを介してAレジスタ71にラッチされる。そしてALU70で両者が比較され、しきい値Haよりも最小値HMINの方が大きければ、スイッチ回路65がリセットされ、以後のチェックの如何に係わらず常に0が出力されるようになる。

【0149】次に、Aレジスタ71に最大値HMAXがラッチされ、このAレジスタ71にラッチされた最大値HMAXとBレジスタ72に保存されている最小値HMINとの差が計算されて、その結果がFレジスタ73に出力される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hbがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。Aレジスタ71にラッチされたしきい値HbよりもFレジスタ73の内容の方が小さければ同様にスイッチ回路65がリセットされる。

【0150】次のクロックからは、隣接画素間の輝度差の計算が始まる。輝度データが保存されている2組のシフトレジスタ64a、64bは10段構成であり、それぞれ、シティブロック距離計算部40の1、2ライン用のシフトレジスタ44aと、3、4ライン用のシフトレジスタ44bの後段に接続されている。前記シフトレジスタ64a、64bの出力は最後の段とその2つ手前の段から取り出され、それぞれが、Aバス62aとBバス62bとに出力される。

【0151】輝度差の計算が始まる時、前記シフトレジスタ64a、64bの各段には小領域中の各場所の輝

度データが保持されており、初めに前回の小領域の第4行第1列の輝度データと、今回の小領域の第1行第1列の輝度データとが、演算器61のAレジスタ71とBレジスタ72とにラッチされる。

【0152】そして、Aレジスタ71の内容とBレジスタ72の内容の差の絶対値が計算され、結果がFレジスタ73に保存される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hcがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。

【0153】前記演算器61での比較結果、Aレジスタの内容（しきい値Hc）よりもFレジスタ73の内容（輝度差の絶対値）のほうが大きければ、前記スイッチ回路65からずれ量 δ あるいは“0”が出力され、Aレジスタの内容よりもFレジスタ73の内容のほうが小さければ“0”が出力されて、出力バッファメモリ66a、66bの該当する小領域の第1行第1列に当たる位置に書き込まれる。

【0154】前記演算器61で隣接画素間の輝度差としきい値Hcとの比較が行なわれている間に、シフトレジスタ64a、64bは1段シフトする。そして今度は、前回の小領域の第4行第2列と、今回の小領域の第1行第2列の輝度データに対して計算を始める。このようにして小領域の第1列、第2列に対し交互に計算を行なった後、第3列、第4列に対して同様に計算を進める。

【0155】計算中は、シフトレジスタ64a、64bの最終段と最初の段がつながってリングレジスタになっており、小領域全体を計算した後にシフトクロックが2回追加されるとレジスタの内容が計算前の状態に戻り、次の小領域の輝度データが転送され終わったときに、最終段とその前の段に今回の小領域の第4行のデータが留められる。

【0156】このように、ずれ量決定のための計算中に次のデータをAバス62a、Bバス62bに用意したり、結果の書き込みを行なうため、計算に必要な2クロックのみで一つのデータが処理される。この結果、初めに行なう最小値HMIN、最大値HMAXのチェックを含めても、例えば43クロックで全ての計算が終了し、一つの小領域に対して、シティブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXを求めるのに要する時間は十分に余裕があり、さらに機能を追加することも可能となっている。

【0157】そして、ずれ量 δ が決定されると、ステップS106で、出力バッファメモリ66a、66bからデュアルポートメモリ90へ、ずれ量 δ を距離分布情報として出力し、ステレオ画像処理装置20における処理が終了する。

【0158】この出力バッファメモリ66a、66bは、前述した入力バッファメモリ41a、41b、43a、43bと同様、例えば4ライン分の容量があり、2組の一方に書き込んでいる間にもう一方から前記デュ

アルポートメモリ90へ距離分布情報を送り出す。

【0159】前記デュアルポートメモリ90へ書き込まれた距離分布情報からは、CCDカメラ11、12の取付け位置と焦点距離等のレンズパラメータとから、各画素に対応する物体のXYZ空間における三次元位置を算出することができ、情報量の低下なく車外の対象物までの距離を正確に検出することができる。

【0160】次に、ステレオ画像処理装置20のタイミングについて、図31に示すタイミングチャートに従って説明する。

【0161】まず初めに、同期を取っている左右のCCDカメラ11a、11bからのフィールド信号を0.1秒毎（3画面に1画面の割合）に、画像メモリ33a、33bに書き込む。

【0162】次に、取り込み終了信号を受けて、4ライン毎のブロック転送が始まる。この転送は、右画像、左画像、結果の距離分布像の順に3ブロック転送する。

【0163】この間に、一方の入出力バッファメモリに対してずれ量 δ の計算が行われる。そして、ずれ量 δ の計算時間を考慮し、所定時間待機してからもう一方の入出力バッファメモリに対して転送を始める。

【0164】一つの右画像の4×4画素の小領域に対するシティブロック距離Hの計算は、左画像について100画素ずらしながら計算するため、100回行われる。一つの領域のシティブロック距離Hが計算されている間に、その前の領域のずれ量 δ が各チェックを経て距離分布として出力される。

【0165】処理すべきライン数を200とすると4ライン分の処理を50回繰り返すことになり、計算の開始時に最初のデータを転送するための4ライン分の処理時間、計算終了後に最後の結果を画像認識部に転送するための4ライン分の処理時間と、計8ライン分の処理時間がさらに必要となる。

【0166】最初の入力画像ラインの転送を開始してから最後の距離分布を転送し終わるまでの時間は、実際の回路動作の結果、0.076秒である。

【0167】次に、道路・側壁検出装置100の動作について、道路検出部110の動作を図32～図35のフローチャートに従って、また、側壁検出部120の動作を図36～図38のフローチャートに従って説明する。

【0168】道路検出部110では、まず、道路形状推定処理を行なう。すなわち、図32に示すプログラムのステップS201で、前回（ Δt sec前）の道路形状パラメータを読み込むと、次いで、ステップS202へ進み、車速センサ3の出力信号V、舵角センサ4の出力信号 η を読み込む。

【0169】次に、ステップS203へ進むと、前記ステップS202で読み込んだ車速センサ3の出力信号と舵角センサ4の出力信号 η を使って Δt 秒間の車輪1の動きを算出し、ステップS204で、 Δt 秒後の車輪1の位置から見

た道路形状を推定して道路形状パラメータを修正する。

【0170】以上の道路形状推定処理が終わると、三次元ウインドウ発生処理へ移行し、ステップS205で、道路モデルの第1区間R1の左側の直線要素Ldのパラメータ(a, b, c, d)を読み込むと、ステップS206で、この直線要素Ldを中心とする三次元ウインドウWD3Aを設定する。

【0171】その後、ステップS207へ進み、前記ステップS206で設定した三次元ウインドウWD3Aから二次元画像上での二次元ウインドウWD2Aを設定し、次のステップS208以降へ進む。

【0172】ステップS208～ステップS217は、直線要素検出処理であり、ステップS208で、二次元ウインドウWD2A内のデータを読み込むと、ステップS209で、各データの三次元位置を計算し、ステップS210で、距離Zの値が三次元ウインドウWD3Aの長さの範囲内にあるデータを選別する。

【0173】そして、ステップS211へ進み、先に推定した道路形状の直線要素Ldと被写体の三次元位置を比較してX方向、Y方向の位置のずれ量 ΔX 、 ΔY を計算し、ステップS212で、これらのずれ量 ΔX 、 ΔY が、三次元ウインドウWD3Aの幅、高さの範囲内にあるデータのみを選別し、他は除外する。

【0174】その後、ステップS213へ進み、前記ステップS212で計算したX方向、Y方向のずれ量 ΔX 、 ΔY に応じて、そのデータの重み係数を決定し、各データに、ずれ量 ΔX 、 ΔY に応じた重み係数を付加する。

【0175】次に、ステップS214へ進むと、最小自乗法を用いて水平方向(XZ平面)および垂直方向(YZ平面)の直線式を導出し、パラメータ(a, b, c, d)を求め、これを新しい直線要素Ldの候補とする。

【0176】そして、ステップS215で、道路モデルの右側のラインの直線要素Ldの候補が求められたか否かを調べ、その結果がNOの場合には、ステップS216で、右側の直線要素Ldのパラメータを読み込んで前述のステップS206へ戻り、結果がYESの場合には、ステップS217へ進む。

【0177】ステップS217では、求めた直線要素Ldの候補が最終区間の右側のものであるか否かを調べ、最終区間でない場合には、ステップS218で、次の区間の左側の直線要素Ldのパラメータを読み込んで、前述のステップS206へ戻り、同様の処理を繰り返す。

【0178】一方、前記ステップS217で、求めた直線要素Ldの候補が最終区間の右側のものであり、道路モデルを構成する全ての直線要素Ldの候補を求め終えた場合には、前記ステップS217からステップS219以降へ進み、道路形状判定処理を実行する。

【0179】すなわち、ステップS219で、第1区間R1の直線要素Ldのパラメータを読み込むと、ステップS220で、左右の直線要素Ldの水平方向の平行度を調べ

て、その妥当性を判定し、ステップS221で、左右の直線要素Ldの垂直方向の平行度を調べ、その妥当性を判定する。

【0180】その後、ステップS222へ進み、前記ステップS220, S221における判定結果、左右いずれかの直線要素が妥当でないと判定された場合、あるいは、道路上の白線が破線状であったり、障害物に隠れて見えないためにデータが不足して、左右いずれかの直線要素の候補がない場合に対し、検出された側の直線要素を車線の幅だけ並行移動して代用することにより、欠落する直線要素を補完し、ステップS223へ進む。

【0181】尚、左右両方の直線要素が無しの場合には、先に推定した道路形状の直線要素を代用する。

【0182】ステップS223では、最終区間か否かを調べ、最終区間でない場合には、ステップS224で、次の区間の左右の直線要素Ldのパラメータを読み込んで前述のステップS220へ戻り、最終区間の場合には、ステップS223からステップS225へ進んで、各直線要素Ldのパラメータを出力用メモリ100eへ書き込んでプログラムを終了する。

【0183】次に、側壁検出部120の動作について説明する。図36のプログラムにおけるステップS301～S307は、立体物データ抽出処理であり、まず、ステップS301で道路形状パラメータを読み込むと、ステップS302で、距離画像から最初の距離データを読み込む。

【0184】次に、ステップS303へ進み、被写体の位置(X, Z座標)と高さ(Y座標)とを計算し、ステップS304で、距離Zに於ける道路表面の高さH(Y座標)を計算し、ステップS305で、道路面より上、且つ自車輦1の高さ以下にあるデータを立体物データとして抽出する。

【0185】そして、ステップS306へ進んで最終データか否かを調べ、最終データでない場合、ステップS307で次の距離データを読み込むと前述のステップS303へ戻って処理を繰り返す、最終データの場合にはステップS306からステップS308へ進む。

【0186】図37のステップS308～ステップS317は、側壁直線検出処理であり、ステップS308で、最初の立体物データを読み込むと、ステップS309で、被写体の位置(X, Z座標)を計算し、ステップS310で、計算した位置(X, Z座標)が探索領域内か否かを調べる。

【0187】計算した位置(X, Z座標)が探索領域外であるときには、前記ステップS310からステップS312へジャンプし、探索領域内のとき、前記ステップS310からステップS311へ進んでパラメータ空間へ投票し、ステップS312へ進む。

【0188】ステップS312では、処理した立体物データが最終データか否かを調べ、最終データでないときには、ステップS313で、次の立体物データを読み込んで、前述のステップS309からの処理を繰り返す、最終データ

のとき、ステップS314へ進んで、パラメータ空間上の局所極大値を検出する。

【0189】次いで、ステップS315へ進むと、検出した局所極大値が判定値以上か否かを調べ、判定値よりも小さいとき、ステップS316で側壁は存在しないと判定し、判定値以上のとき、ステップS317で、側壁が存在すると判定して、ステップS318へ進む。

【0190】図38のステップS318以下は、側壁範囲検出処理であり、ステップS318で、前記ステップS314で検出した局所極大値の格子に相当するパラメータ、すなわち局所極大点を示す直線式のパラメータ (a_f , b_f) を読み込むと、ステップS319へ進んで、側壁候補領域を設定する。

【0191】そして、ステップS320で、探索領域内の最初の立体物データを読み込み、ステップS321で、被写体の位置 (X , Z 座標) を計算すると、ステップS322で、側壁候補領域内にあるデータを抽出し、ステップS323で、処理したデータが探索領域内の最終データか否かを調べる。

【0192】探索領域内の最終データでないときには、前記ステップS323からステップS324へ分岐して探索領域内の次の立体物データを読み込んで、前述のステップS321へ戻り、探索領域内の最終データであるときには、前記ステップS323からステップS325へ進んで、側壁候補領域内のデータを使ってヒストグラムを作成する。

【0193】次に、ステップS326へ進むと、作成したヒストグラムの度数が判定値以上の区分を検出し、ステップS327で、ヒストグラムの度数が判定値以上の区間の両端の三次元位置、すなわち側壁の前後端位置を算出し、ステップS328で、側壁の有無、位置、方向、前後端の位置等のパラメータを出力用メモリ100eへ書き込んでプログラムを終了する。尚、このプログラムは、左側の側壁について実行した後、右側の側壁について実行する。

【0194】このように、本実施例においては、三次元の位置に関する特徴を利用するため、側壁の色や形、材質等の見掛け上の特徴に影響されにくく、一般的なガードレールのみでなく、様々な手すりや植え込み、道路工事のパイロンの列等も側壁として検出でき、自動車の走行を規制するものとしての側壁を的確に検出することができ、しかも、側壁の有無や位置を、直線式のパラメータや前後端の座標といった簡素なデータ形態に変換するため、利用側でのデータの取扱いや処理が容易となり、外部装置を接続することにより、より高度な危険警報や事故回避の機能を実現することができるのである。

【0195】図39及び図40は本発明の第2実施例に係り、図39は探索領域と格子区分を示す説明図、図40は側壁直線検出処理のフローチャートである。

【0196】本実施例は、前述の第1実施例に対し、側壁直線検出におけるハフ変換の処理を変更するものであ

る。一般的に、ハフ変換は時間を要する処理であり、前述の第1実施例においても処理時間を短縮するように種々制限を設けているが、前述の第1実施例ではハフ変換の処理を立体物データ毎に行うために、立体物データの数が画像の状況によって変化すると処理時間も変化する。

【0197】本実施例は、この点を改良するものであり、前述の第1実施例における側壁の探索領域 SL , SR を、図39に示すように格子状に区分し、それぞれに番号を付け、ハフ変換の処理を設定した格子の数だけ実行する。ここで、区分の間隔は、 X 方向は、例えば0.3m~0.6m程度、 Z 方向は、距離データの精度や側壁の情報を利用する装置側の要求を考慮して設定するが、例えば、概ね1m~5m程度である。

【0198】以下、図40のフローチャートに従って、側壁直線検出処理について説明する。尚、このフローチャートは、前述の第1実施例の側壁直線検出処理のフローチャート(図37)に代わるものであり、その他の処理は、前述の第1実施例と同じである。

【0199】まず、前述の立体物データ抽出処理において抽出された各データに対し、ステップS401で最初の立体物データを読み込むと、ステップS402で、被写体の三次元位置 (X , Z 座標) を計算し、これが探索領域 SL , SR に含まれる場合には、ステップS403で、該当する格子番号を計算し、ステップS404で、その格子内のデータ数のカウントを更新する。

【0200】続いて、ステップS405で最終データか否かを調べ、最終データでないときには、ステップS406で、次の立体物データを読み込んで、同様にステップS402以降の処理を繰り返し、格子毎のデータ数を求める。

【0201】そして、前記ステップS405で、最終データとなったとき、前記ステップS405からステップS407へ進んで最初の格子データを読み込むと、ステップS408で、格子中心の位置 (X , Z 座標) を計算してステップS409でパラメータ空間への投票を行ない、ステップS410へ進む。

【0202】すなわち、前述の第1実施例では、探索領域内のデータ毎に直線の設定と投票を行なったが、本実施例においては、各格子毎にデータが、その格子の中心位置にまとまって存在するとして直線を設定し、投票は格子のデータ数だけまとめて行なうのである。この場合、設定する直線式(12)の傾き a_{fi} や切片 b_{fi} の範囲は、前述の第1実施例と同じである。

【0203】また、投票されたパラメータ空間から局所極大値を求め、側壁の有無を判定するプロセスは、前述の第1実施例と同じであり、ステップS410で、最終格子か否かを調べ、最終格子でないときには、ステップS411で次の格子データを読み込んでステップS408からの処理を繰り返し、最終格子になったとき、ステップS412へ進んで、パラメータ空間上の局所極大値を検出すると、ス

ステップS413で、検出した局所極大値が判定値以上か否かを調べ、判定値より小さいとき、ステップS414で、側壁は存在しないと判定し、判定値以上のとき、ステップS415で、側壁が存在すると判定する。

【0204】本実施例では、立体物データを格子状空間毎にまとめ、ハフ変換の処理を設定した格子の数だけ実行するため、側壁検出の際の処理時間を一定とすることができ、特に、立体物データの数が多い場合には、大幅に処理時間を短縮できる効果がある。その他の作用・効果は前述の第1実施例と同様である。

【0205】図41～図45は本発明の第3実施例に係り、図41は車外監視装置の全体構成図、図42は車外監視装置の回路ブロック図、図43は側壁検出装置の機能ブロック図、図44は画像の例を示す説明図、図45は立体物の二次元分布の例を示す説明図である。

【0206】本実施例の車外監視装置200は、図41に示すように、前述の第1実施例のステレオ画像処理装置20に代えて、立体物の二次元的な位置分布を認識する通路パターン認識装置210を採用し、この通路パターン認識装置210に側壁検出装置220を接続したものであり、通路パターン認識装置210によって得られる立体物の二次元分布の位置情報を前述の第1の実施例と同様の方法で処理し、側壁を検出するものである。

【0207】前記側壁検出装置220に接続する通路パターン認識装置210は、周知の装置を適用することができ、例えば、計測自動制御学会論文集Vol. 21, No. 2 (昭和60年2月)「障害物の二次元的な分布の認識手法」に記載されている通路パターン認識装置等を適用することができる。

【0208】前記通路パターン認識装置210は、第1実施例のステレオ画像処理装置20と同様に2台のカメラの画像を処理して被写体までの距離分布を検出するものであるが、装置内部のデータ処理方法が異なるため立体物の情報のみが出力され、第1実施例のような白線による道路形状の検出はできない。

【0209】また、本実施例では、車外の対象風景を撮像するステレオ光学系201は、車輦230の前部に上下一定の間隔をもって取り付けられる2台のCCDカメラ201a、201bで構成されており、また、前記通路パターン認識装置210は、図42に示すように、前記ステレオ光学系201からの上下2枚の画像信号を入力し、立体物の距離及び位置の二次元分布を算出する距離検出回路210a、この距離検出回路210aからの二次元分布情報を記憶する二次元分布メモリ210b等から構成されている。

【0210】前記側壁検出装置220は、前記二次元分布メモリ210bに書き込まれた二次元分布情報を読み出して各種の計算処理を行なうマイクロプロセッサ220aを中心に構成され、制御プログラムを格納する読み出し専用メモリ (ROM) 220b、計算処理途中の各

種パラメータを記憶する読み書き両用メモリ (RAM) 220c、処理結果のパラメータを記憶する出力用メモリ220d等から構成されている。前記マイクロプロセッサ220aは、前記二次元分布メモリ210bを介して二次元分布情報を入力して計算処理を実行し、処理結果である側壁のパラメータを出力用メモリ220dに出力する。

【0211】前記側壁検出装置220は、前述の第1実施例における道路・側壁検出装置100の側壁検出部120と同様の機能構成であり、図43に示すように、前記二次元分布メモリ210bに記憶されている立体物の二次元分布情報の中から、予め設定された側壁の探索領域内のデータのみを抽出し、これをハフ変換で処理して側壁の有無と側壁の位置を示す直線式とを検出する側壁直線検出部221、この側壁直線検出部221で検出された側壁の位置を示す直線式に基づいて、側壁が存在すると推定される側壁候補領域を設定し、この側壁候補領域内の立体物データの分布状態から、側壁の前後端の位置を検出する側壁範囲検出部222、処理結果を記憶する前記出力用メモリ220dからなる側壁パラメータ記憶部223から構成されている。

【0212】本実施例では、ステレオ光学系201で撮像した画像、例えば、図44に示すような画像を通路パターン認識装置210で処理すると、図45に示すような立体物の二次元分布パターンが出力される。これは、前述の第1実施例における立体物データ抽出処理で抽出されるデータ (図21参照) と同様であり、このデータに対し、前述の第1実施例と同様の側壁直線検出処理、側壁範囲検出処理を行えば、左右の側壁の有無、位置を検出することができる。

【0213】このように、本実施例では、通路パターン認識装置から出力される立体物の二次元分布の位置情報を利用する場合のような、道路の白線を検出することが困難で、しかも、この位置情報を利用する側である事故の危険判断や走行制御におけるデータ処理が容易でない場合であっても、側壁を確実に検出することができ、且つ、側壁の有無や位置を、直線式のパラメータや前後端の座標といった簡素なデータ形態に変換するため、利用側でのデータの取扱いや処理が容易となる。

【0214】図46～図51は本発明の第4実施例に係り、図46は車外監視装置の全体構成図、図47は車外監視装置の回路ブロック図、図48は側壁検出装置の機能ブロック図、図49はレーザービームの走査方法を側面から示す説明図、図50はレーザービームの走査方法を上面から示す説明図、図51はレーザーレーダ測距装置で計測される立体物の二次元分布の例を示す説明図である。

【0215】本実施例の車外監視装置300は、図46に示すように、前述の第1実施例のステレオ画像処理装置20に代えて、レーザービームによるレーザーレーダ測距装置310を採用し、このレーザーレーダ測距装置310

に側壁検出装置320を接続したものであり、レーザレーダ測距装置310によって得られる立体物の二次元分布の位置情報を前述の第1、第2実施例と同様の方法で処理し、側壁を検出するものである。

【0216】前記レーザレーダ測距装置310は、レーザビームを投射し、このレーザビームが物体に当たって反射してくる光を受光し、この所要時間から物体までの距離を測定するものであり、本実施例の車外監視装置300には周知のレーザレーダ測距装置を適用することができる。

【0217】すなわち、本実施例の車外監視装置300では、レーザビームの投射・受光と左右方向への走査機能を有するレーザ投光ユニット301が車輦330の前部に取り付けられており、図47に示すように、レーザレーダ測距装置310には、レーザビームの投光受光の所要時間から物体までの距離を計算し、また、レーザビームを走査する方向から物体の二次元の位置を計算する距離検出回路310a、検出された物体の二次元の位置を書き込む二次元分布メモリ310b等から構成されている。

【0218】また、側壁検出装置320は、前記二次元分布メモリ310bに書き込まれた二次元分布情報を読み出して各種の計算処理を行なうマイクロプロセッサ320aを中心に構成され、制御プログラムを格納する読み出し専用メモリ（ROM）320b、計算処理途中の各種パラメータを記憶する読み書き両用メモリ（RAM）320c、処理結果のパラメータを記憶する出力用メモリ320d等から構成されている。前記マイクロプロセッサ320aは、前記二次元分布メモリ310bを介して二次元分布情報を入力して計算処理を実行し、処理結果である側壁のパラメータを出力用メモリ320dに出力する。

【0219】前記側壁検出装置320は、前述の第2実施例の側壁検出装置220と同様の機能構成であり、図48に示すように、前記二次元分布メモリ310bに記憶されている立体物の二次元分布情報の中から、予め設定された側壁の探索領域内のデータのみを抽出し、これをハフ変換で処理して側壁の有無と側壁の位置を示す直線式とを検出する側壁直線検出部321、この側壁直線検出部321で検出された側壁の位置を示す直線式に基づいて、側壁が存在すると推定される側壁候補領域を設定し、この側壁候補領域内の立体物データの分布状態から、側壁の前後端の位置を検出する側壁範囲検出部322、処理結果を記憶する前記出力用メモリ320dからなる側壁パラメータ記憶部323から構成されている。

【0220】図49に示すように、レーザ投光ユニット301からはレーザビームが水平に投射され、道路表面より高い位置にある立体物のみが検出される。また、図50に示すように、レーザビームは左右方向に走査され、所定の走査範囲で一定の間隔毎にレーザビームが投

光・受光されて距離を検出する動作が繰り返され、立体物の二次元分布が計測される。

【0221】例えば、前述の図44に示すような、左側にガードレール、右前方に他の車輦がある状況を前記レーザレーダ測距装置310で計測すると、図51に示すような立体物の二次元分布の情報が得られる。これは、前述の第1実施例における立体物データ抽出処理で抽出されるデータ（図21参照）と同様である。従って、レーザレーダ測距装置310の出力である立体物の二次元分布に対し、第1、第2実施例と同様の側壁直線検出処理及び側壁範囲検出処理を行なうことにより、左右の側壁の有無、位置を検出することができる。

【0222】本実施例においても、前述の第3実施例と同様、道路の白線を検出することが困難な場合においても、側壁を確実に検出することができ、しかも、側壁の有無、位置、方向を処理が容易なデータ形態で検出することができる。

【0223】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、車外の設定範囲の対象に対する位置情報に基づいて、ガードレール、植え込み、パイロン列等の道路の境界となる連続した立体物としての側壁の有無と、この側壁の位置を近似する直線式と、この側壁が存在する範囲とを検出するため、道路の白線がない場合、あるいは白線を検出することが困難な場合においても、側壁を確実に検出することができ、しかも、側壁の有無、位置、方向を処理が容易なデータ形態で検出するため、これらのデータを用いて、より高度な危険警報や事故回避の機能を実現することができる等優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1～図38は本発明の第1実施例に係り、図1は車外監視装置の全体構成図

【図2】車輦の正面図

【図3】車外監視装置の回路ブロック図

【図4】カメラと被写体との関係を示す説明図

【図5】ステレオ画像処理装置の具体例を示す回路構成図

【図6】シティブロック距離計算回路の説明図

【図7】最小値検出回路のブロック図

【図8】車載のCCDカメラで撮像した画像の例を示す説明図

【図9】距離画像の例を示す説明図

【図10】車輦の上面図

【図11】車輦の側面図

【図12】道路・側壁検出装置の機能ブロック図

【図13】道路モデルの例を示す説明図

【図14】三次元ウインドウの形状を示す説明図

【図15】二次元ウインドウの形状を示す説明図

【図16】直線要素とデータのずれ量を示す説明図

【図17】ずれ量と重み係数の関係を示す説明図

【図18】検出した道路形状の例を示す説明図

【図19】側壁検出における探索領域の形状を示す説明図

【図20】側壁検出における画像の例を示す説明図

【図21】立体物データの分布状況を示す説明図

【図22】ハフ変換での直線の想定を示す説明図

【図23】パラメータ空間の投票領域を示す説明図

【図24】パラメータ空間への投票結果を示す説明図

【図25】側壁候補領域を示す説明図

【図26】ヒストグラムと側壁の存在範囲の関係を説明図

【図27】ステレオ画像処理装置の動作を示すフローチャート

【図28】シフトレジスタ内の保存順序を示す説明図

【図29】シティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート

【図30】ずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート

【図31】ステレオ画像処理装置の動作を示すタイミングチャート

【図32】図32～図35は道路検出部の動作を示すフローチャートであり、図32は道路形状推定処理のフローチャート

【図33】三次元ウインドウ発生処理のフローチャート

【図34】直線要素検出処理のフローチャート

【図35】道路形状判定処理のフローチャート

【図36】図36～図38は側壁検出部の動作を示すフローチャートであり、図36は立体物データ抽出処理のフローチャート

【図37】側壁直線検出処理のフローチャート

【図38】側壁範囲検出処理のフローチャート

【図39】図39及び図40は本発明の第2実施例に係

り、図39は探索領域と格子区分を示す説明図

【図40】側壁直線検出処理のフローチャート

【図41】図41～図45は本発明の第3実施例に係り、図41は車外監視装置の全体構成図

【図42】車外監視装置の回路ブロック図

【図43】側壁検出装置の機能ブロック図

【図44】画像の例を示す説明図

【図45】立体物の二次元分布の例を示す説明図

【図46】図46～図51は本発明の第4実施例に係り、図46は車外監視装置の全体構成図

【図47】車外監視装置の回路ブロック図

【図48】側壁検出装置の機能ブロック図

【図49】レーザビームの走査方法を側面から示す説明図

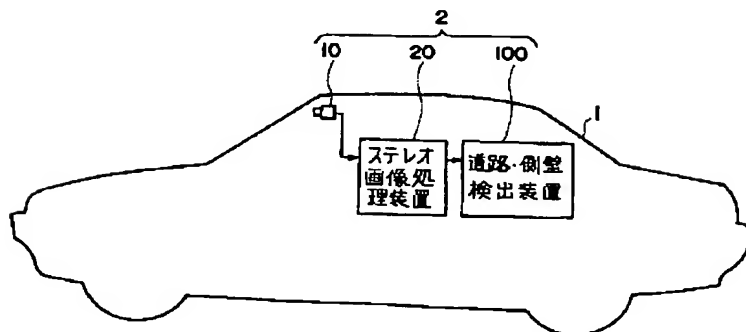
【図50】レーザビームの走査方法を上面から示す説明図

【図51】レーザレーダ測距装置で計測される立体物の二次元分布の例を示す説明図

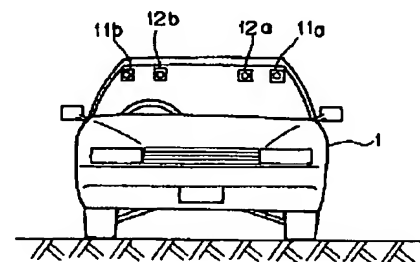
【符号の説明】

- 1 車輦
- 2 車外監視装置
- 10 ステレオ光学系（計測手段）
- 20 ステレオ画像処理装置（計測手段）
- 110 道路検出部（道路検出手段）
- 111 道路形状推定部（道路形状推定手段）
- 112 三次元ウインドウ発生部（三次元ウインドウ発生手段）
- 113 直線要素検出部（直線要素検出手段）
- 114 道路形状判定部（道路形状判定手段）
- 121 立体物データ抽出部（データ抽出手段）
- 122 側壁直線検出部（側壁直線検出手段）
- 123 側壁範囲検出部（側壁範囲検出手段）

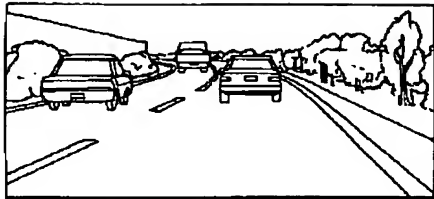
【図1】



【図2】



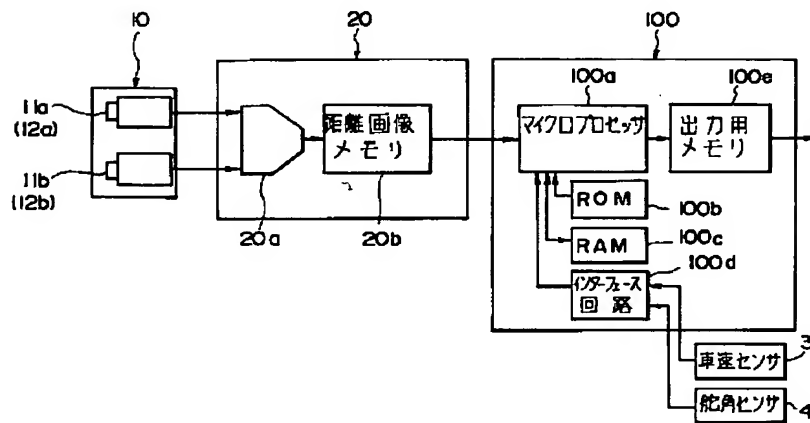
【図8】



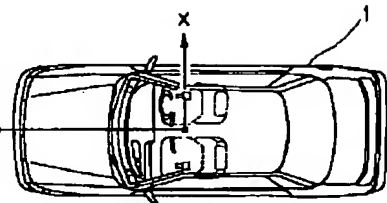
【図9】



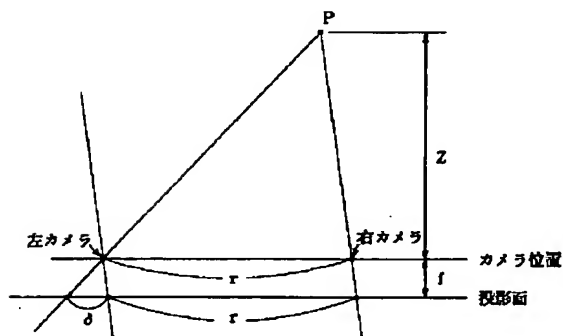
【図3】



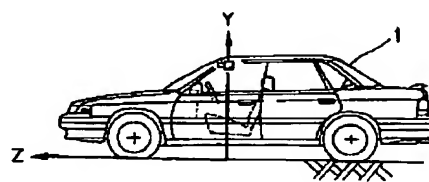
【図10】



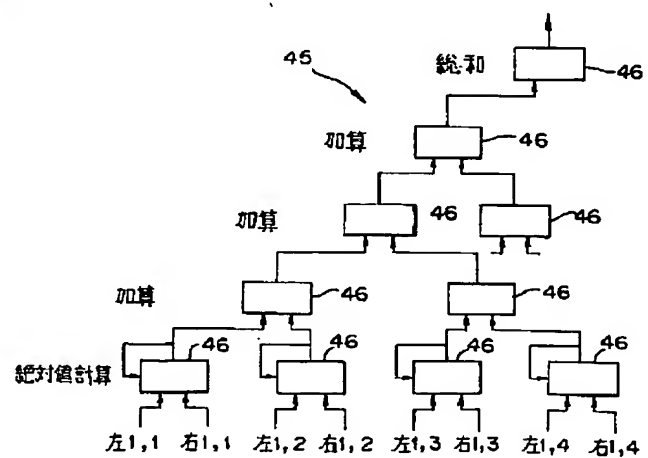
【図4】



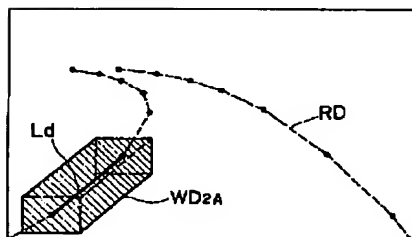
【図11】



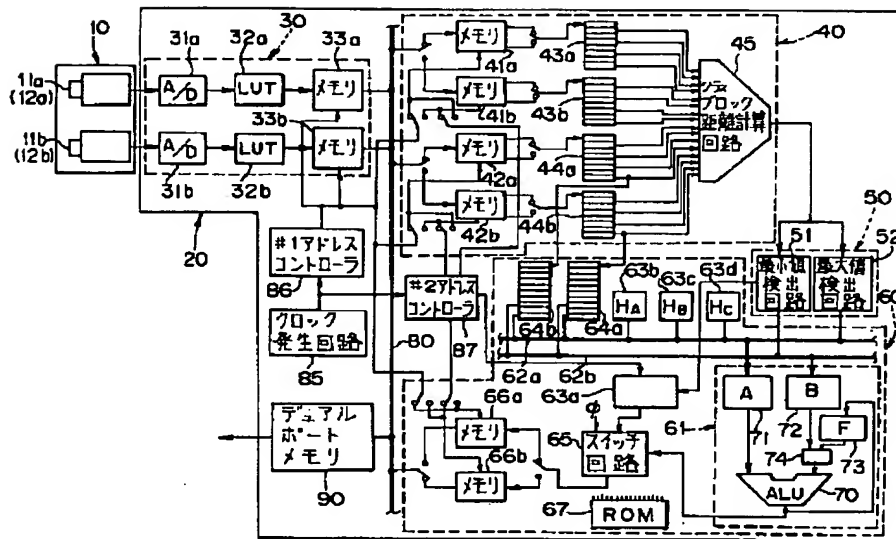
【図6】



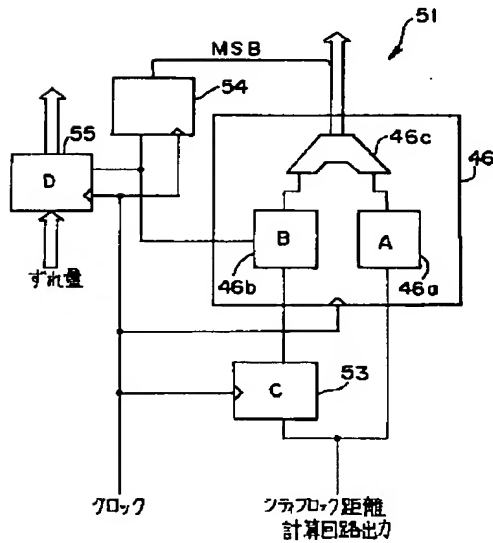
【図15】



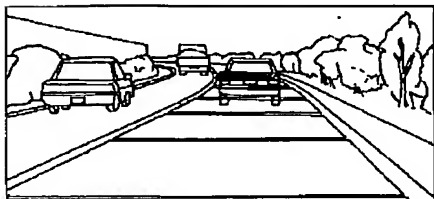
【図5】



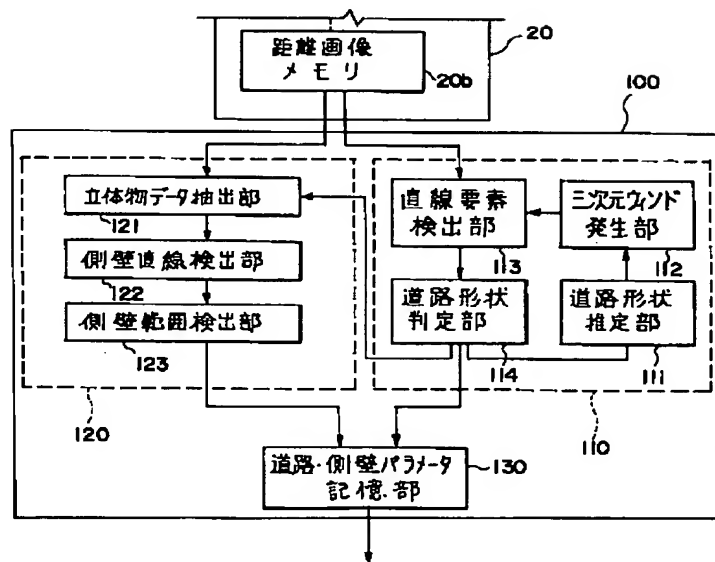
【図7】



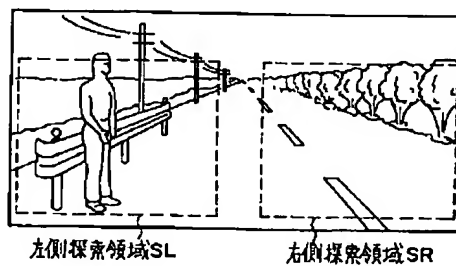
【図18】



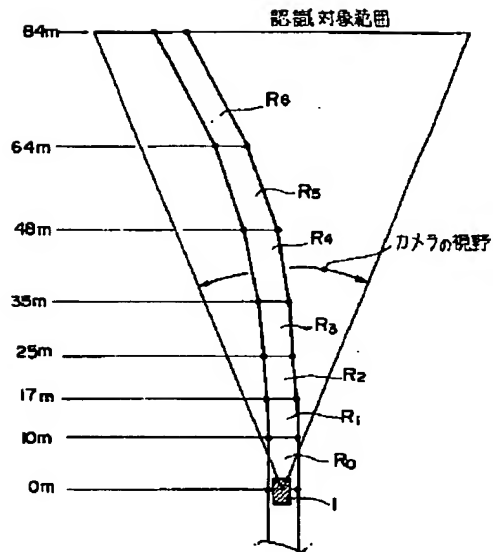
【図12】



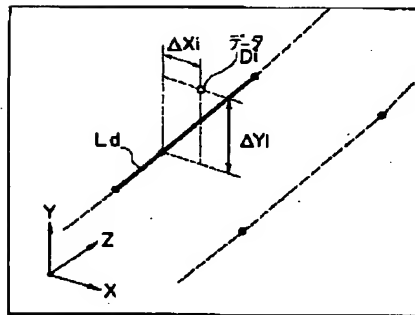
【図20】



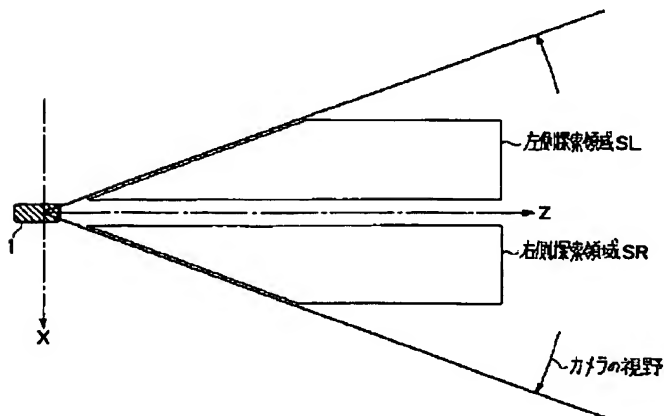
【図13】



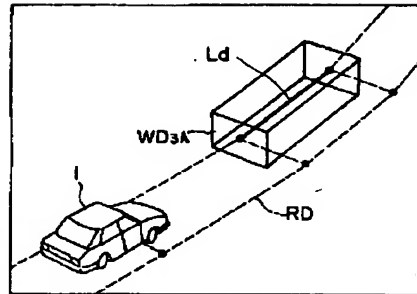
【図16】



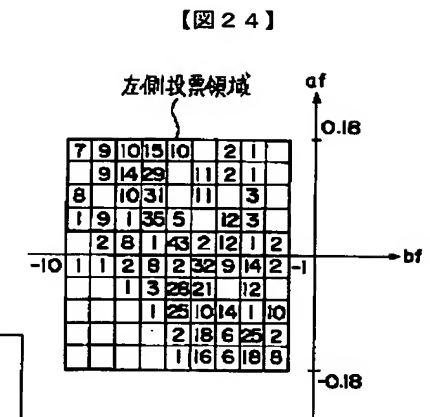
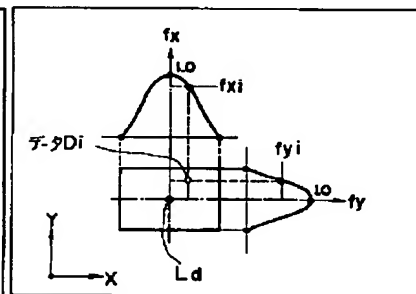
【図19】



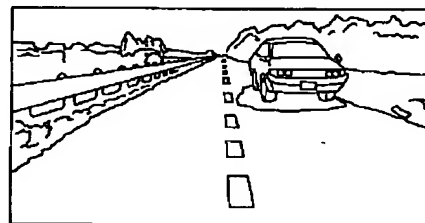
【図14】



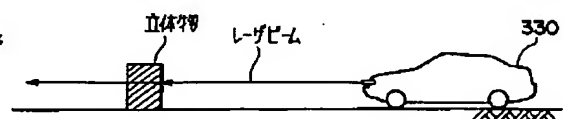
【図17】



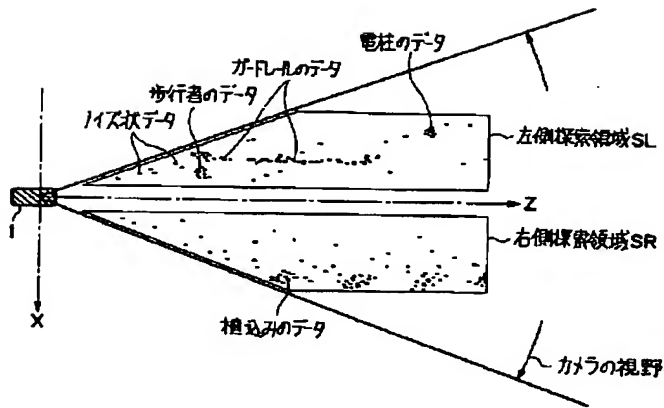
【図44】



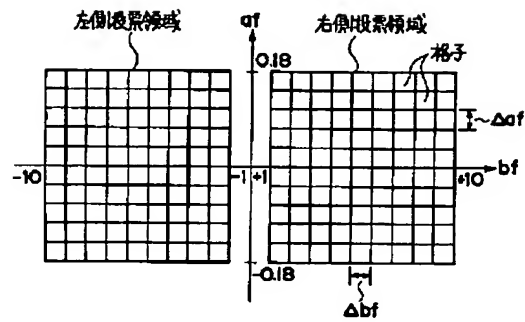
【図49】



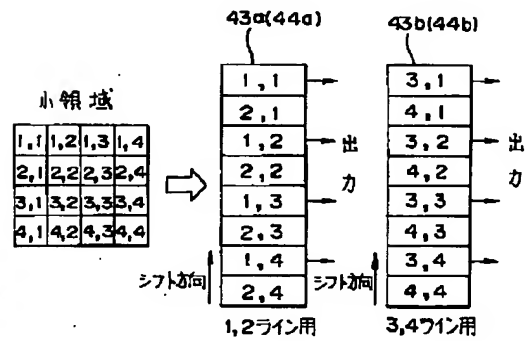
【図21】



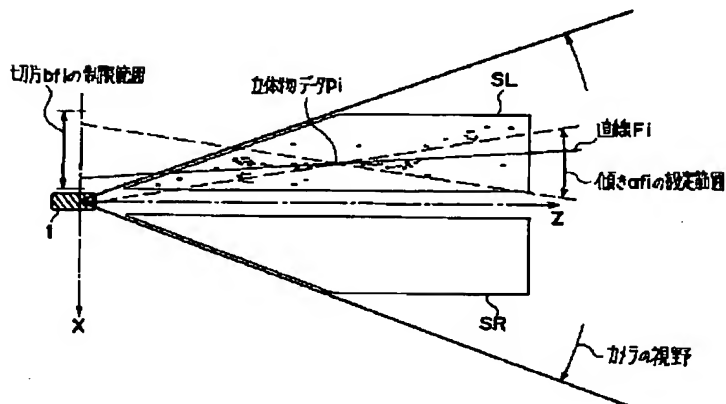
【図23】



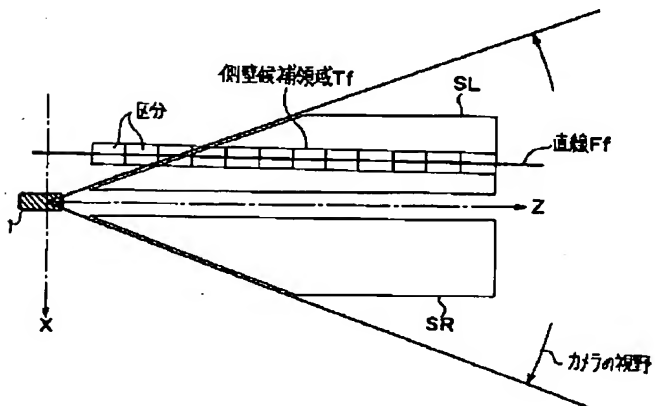
【図28】



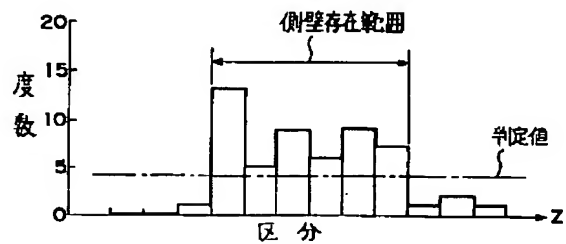
【図22】



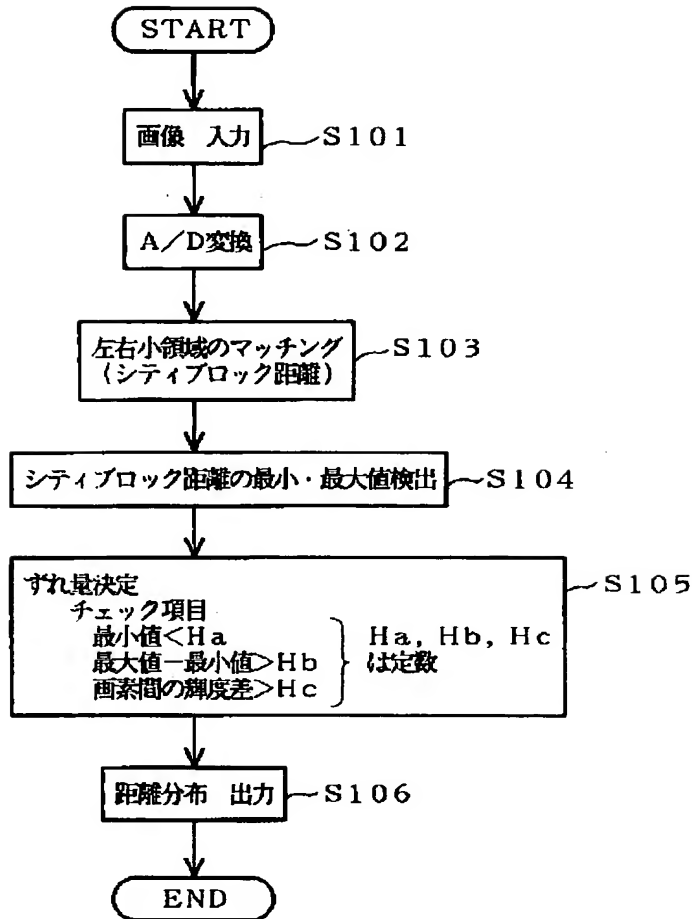
【図25】



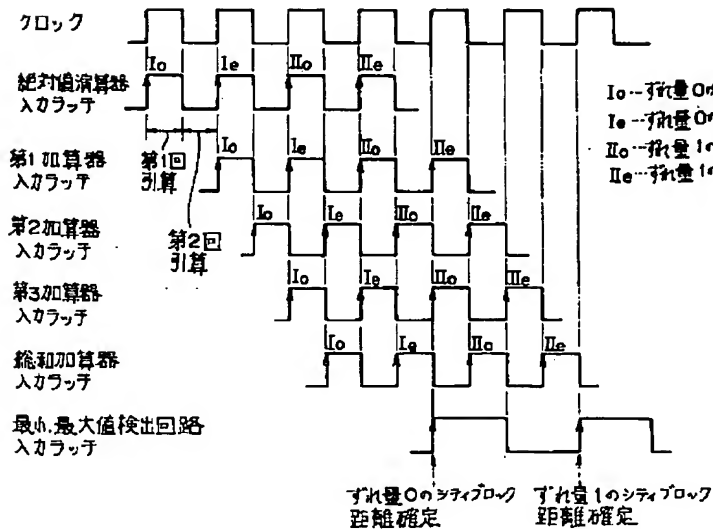
【図26】



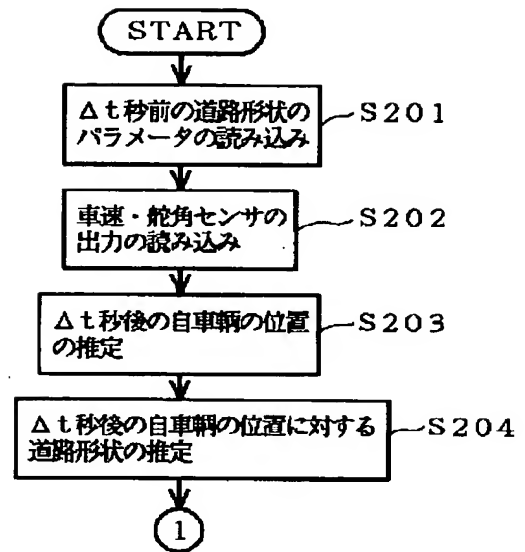
【図27】



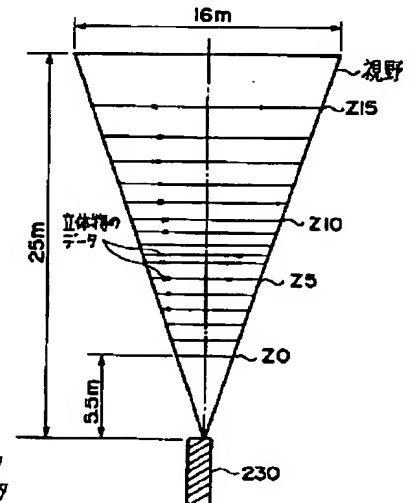
【図29】



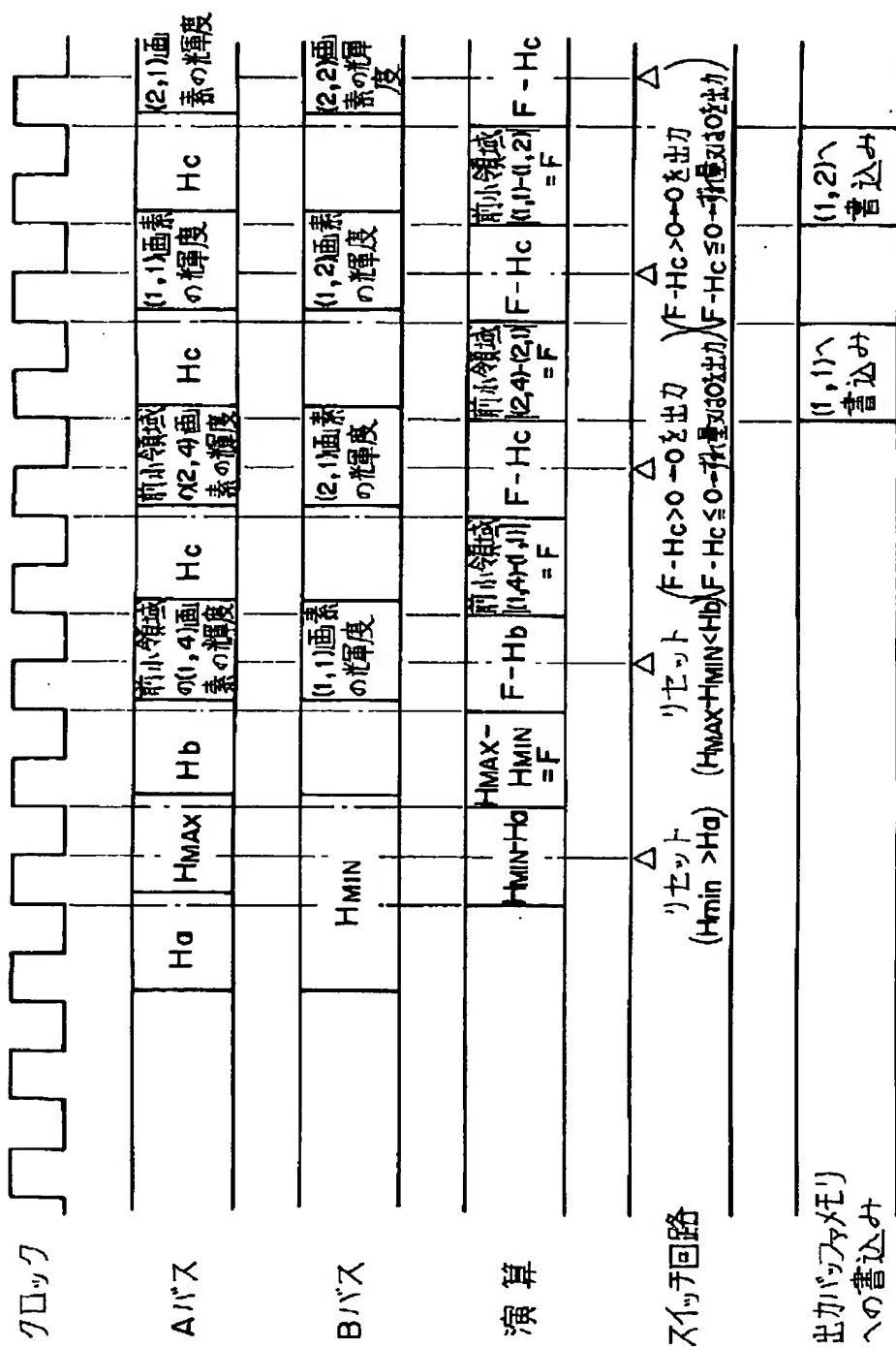
【図32】



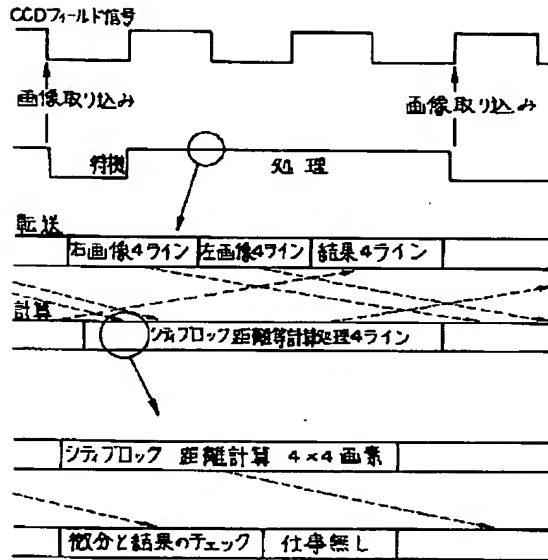
【図45】



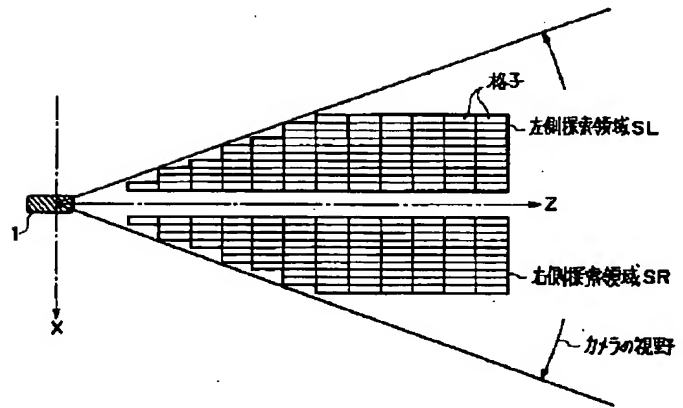
【図 30】



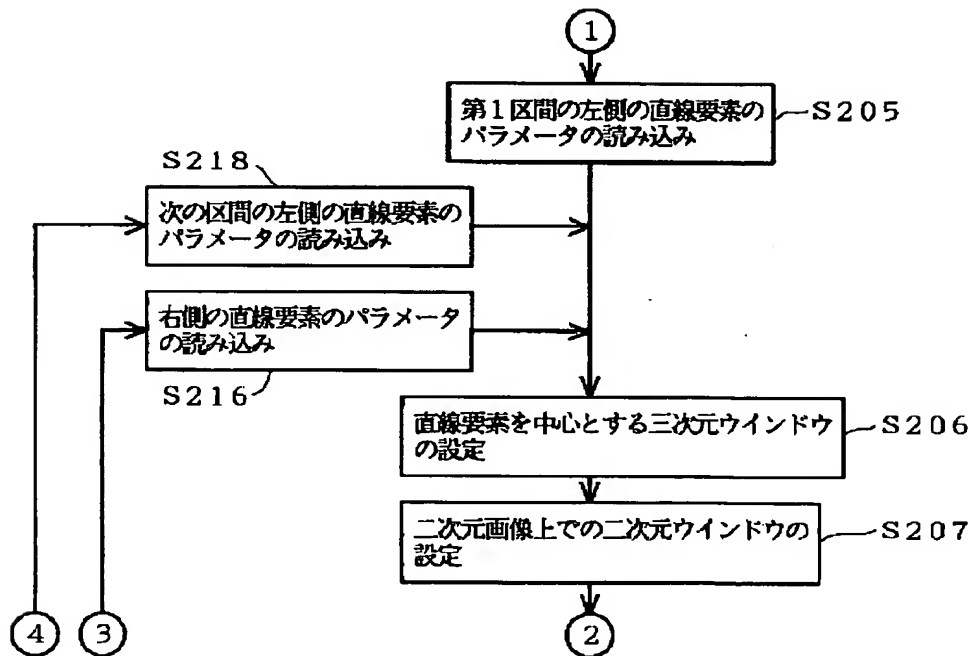
【図31】



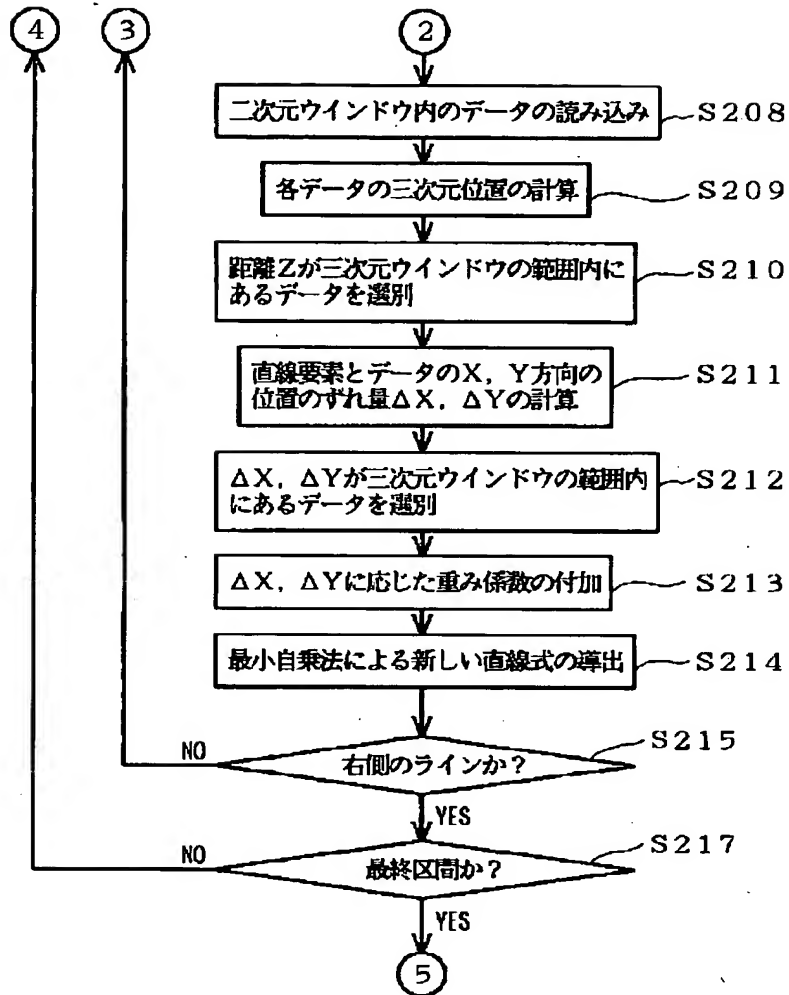
【図39】



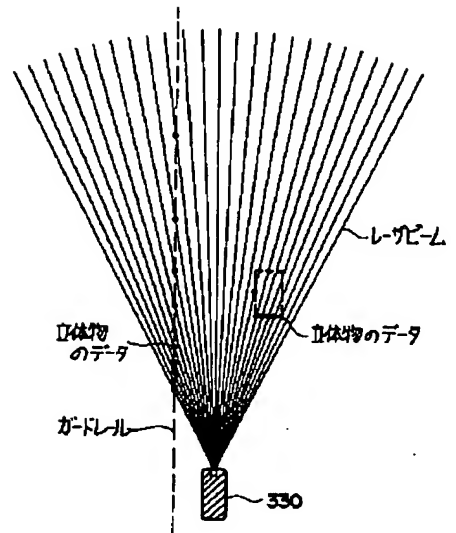
【図33】



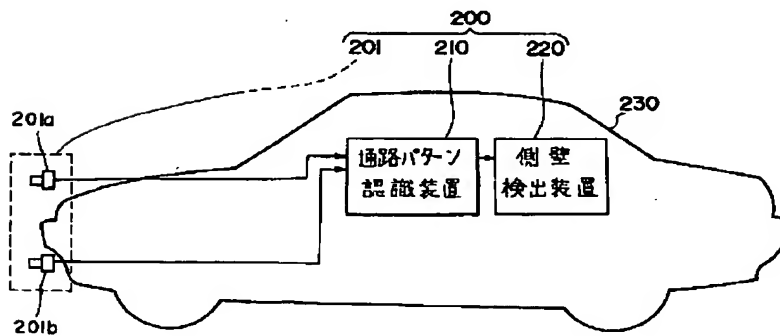
【図34】



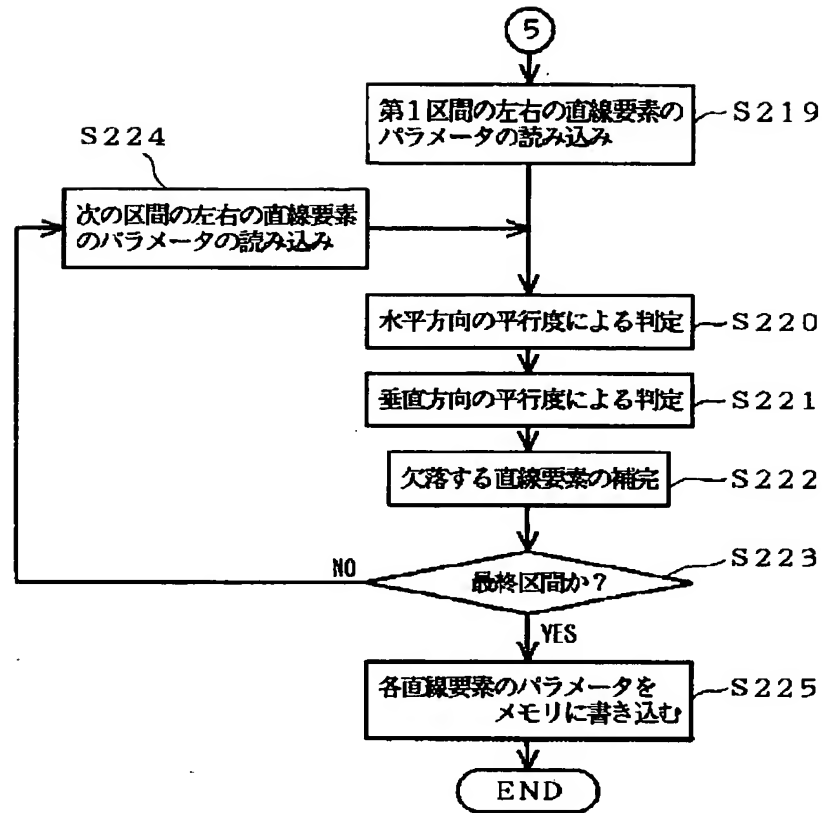
【図51】



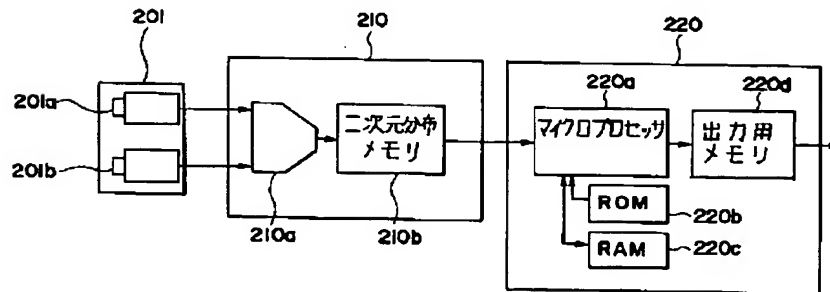
【図41】



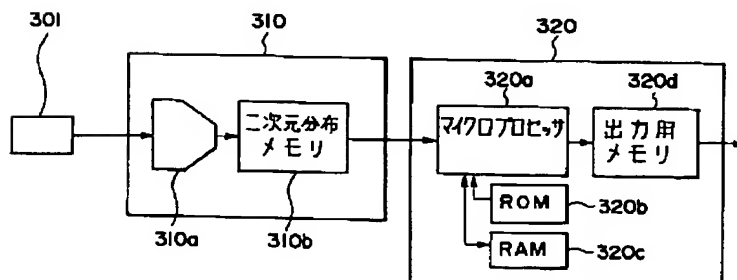
【図35】



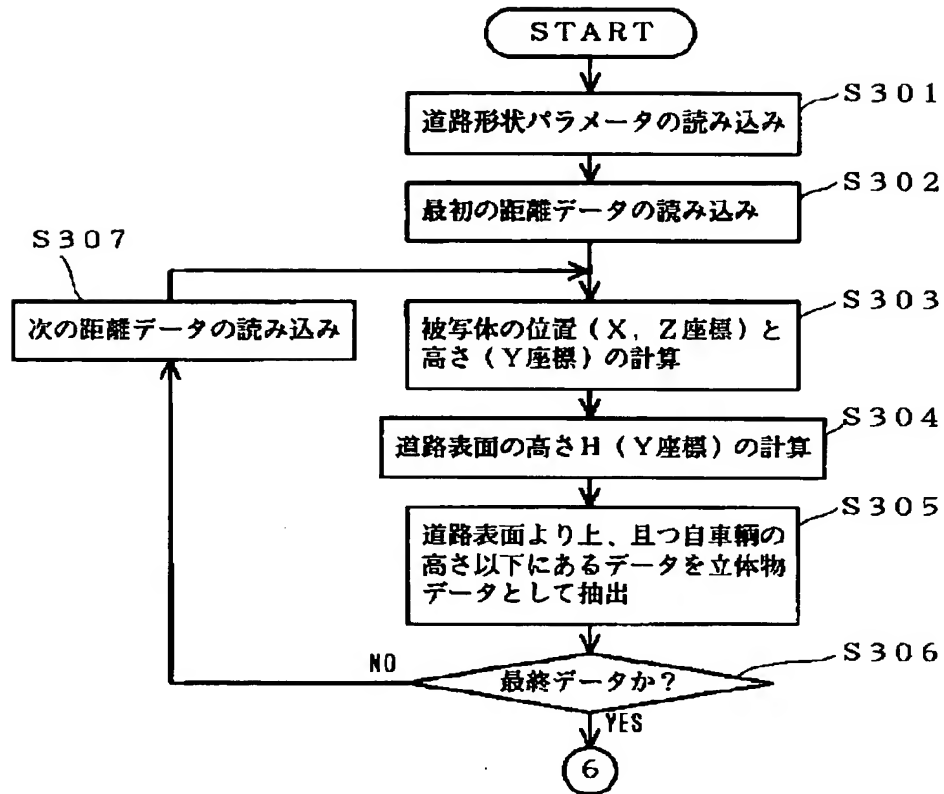
【図42】



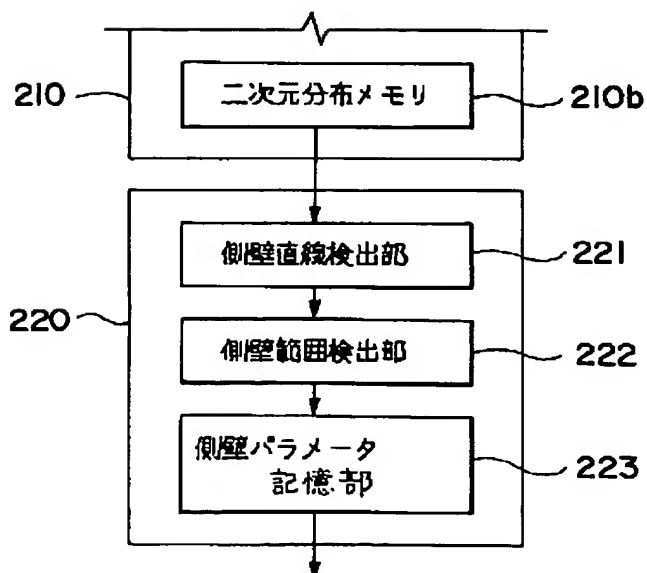
【図47】



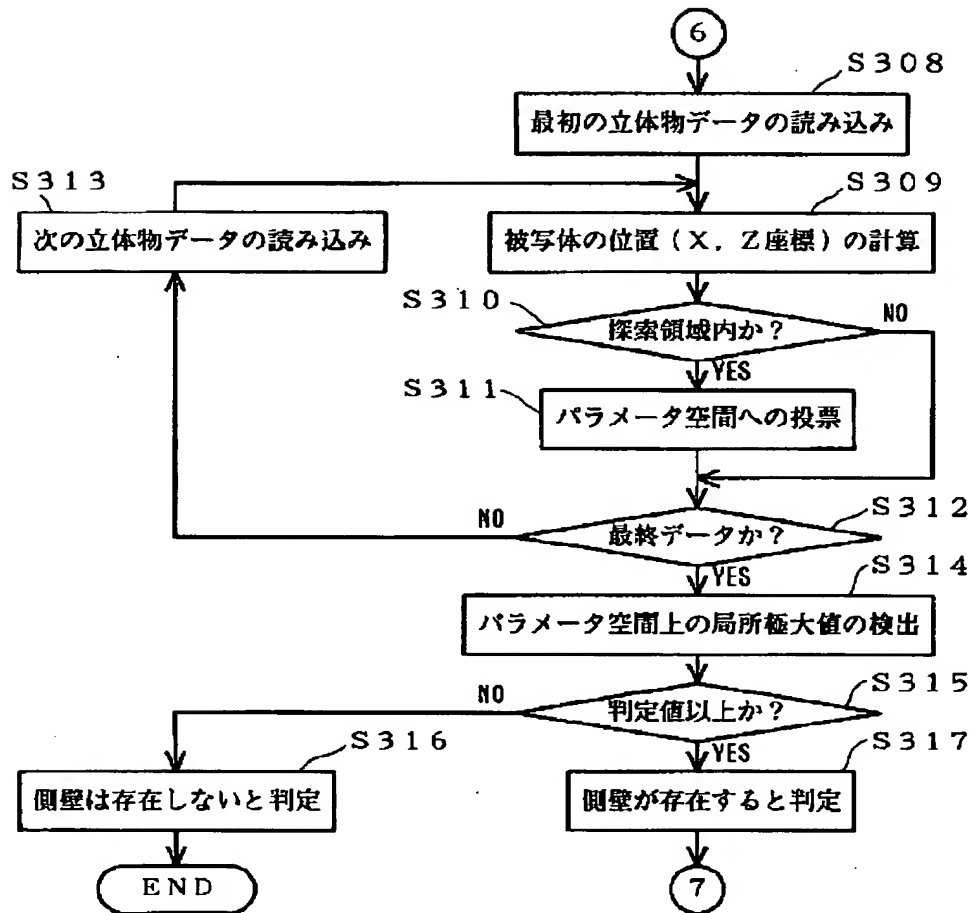
【図36】



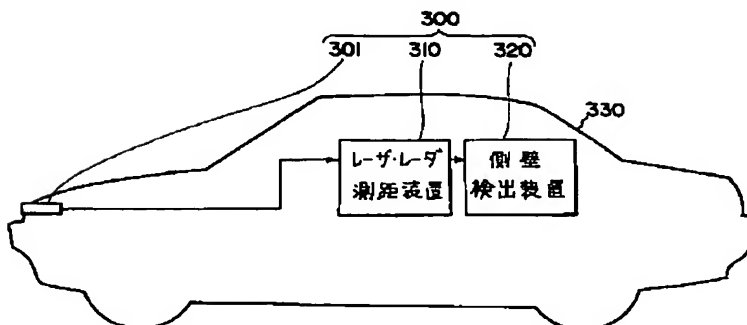
【図43】



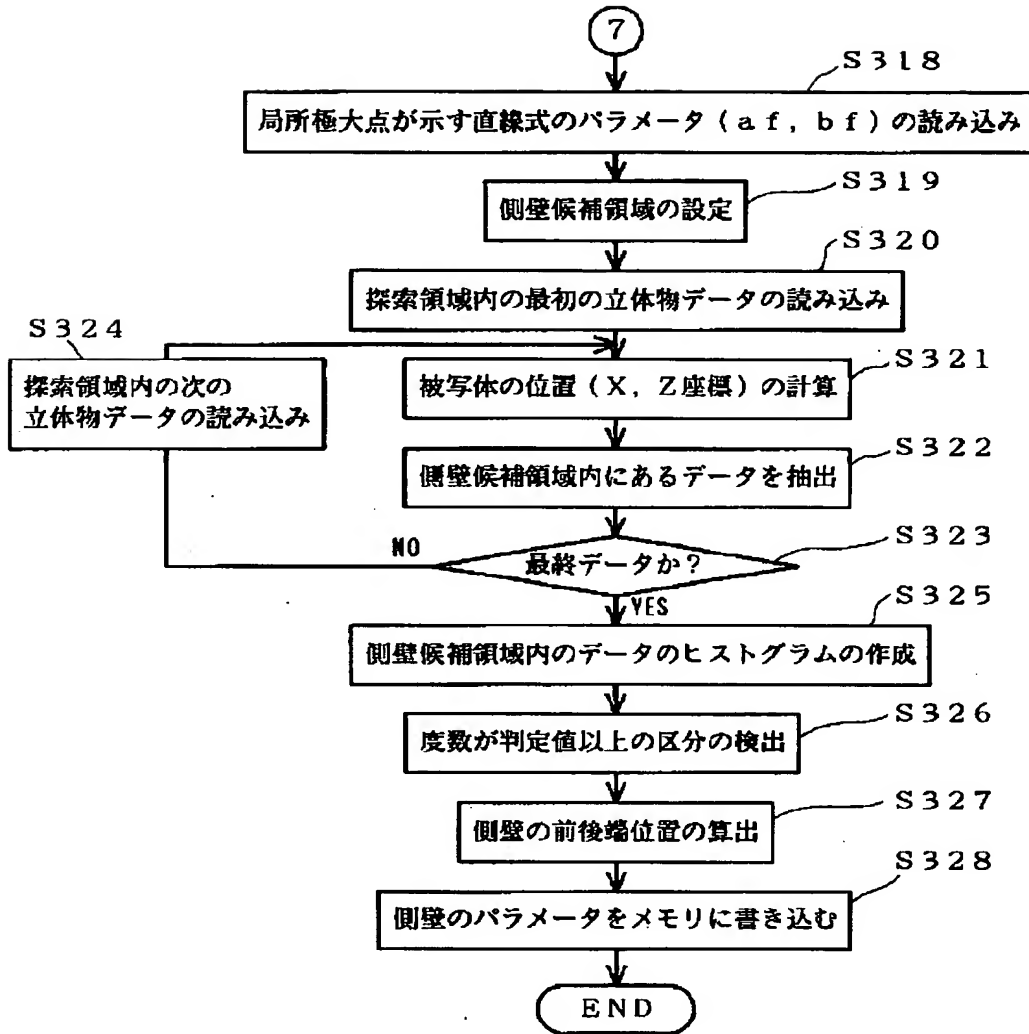
【図37】



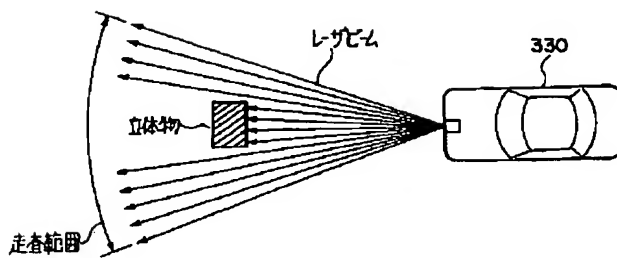
【図46】



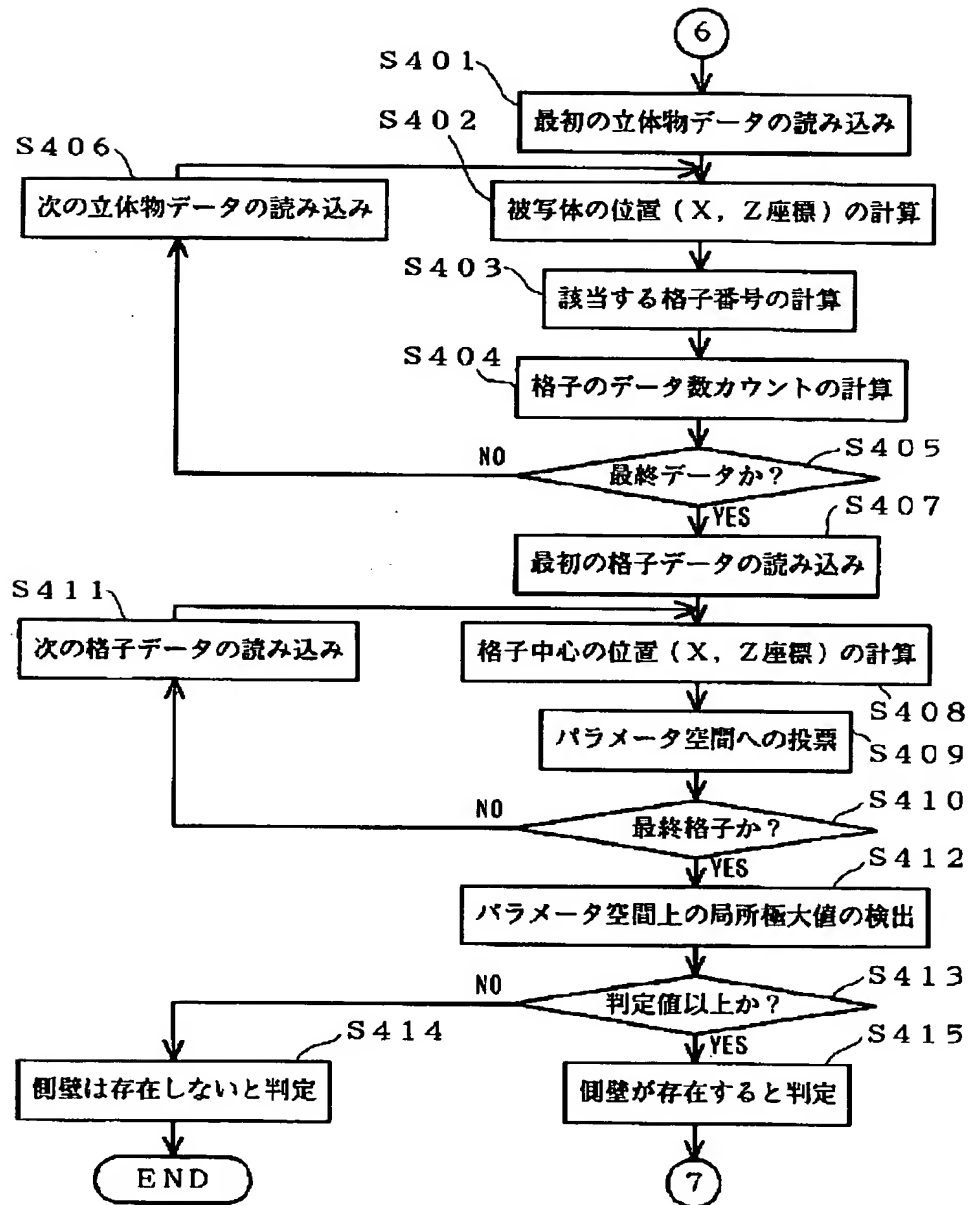
【図38】



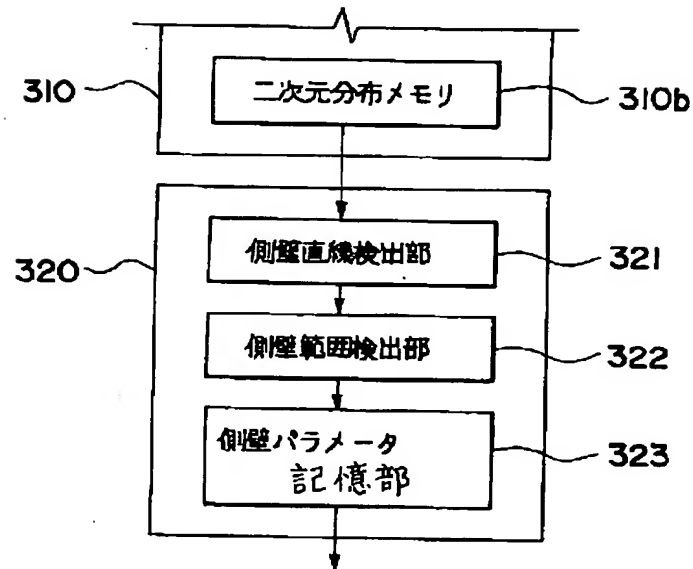
【図50】



【図40】



【図48】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
G08G 1/16

識別記号

F I
G08G 1/16

C

(56) 参考文献 特開 昭60-45882 (J P, A)
特開 平2-90380 (J P, A)
特開 平2-90381 (J P, A)
特開 平4-161810 (J P, A)
特開 平4-262498 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int. Cl. 7, DB名)

G06T 1/00 315
G06T 1/00 330
B60R 21/00 624
G06T 7/00
G08G 1/16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.